

## Rekonstruksi Konstruktivisme dalam Pembelajaran Matematika Berbantuan Kecerdasan Buatan: Studi Kasus Pemahaman Konsep Teorema Pitot pada Siswa SMA

Hendrisa Rizqie Romandoni\*, Siti Nur Baiti, Alifka Gusnindia, Laila Fitriana  
Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

\*Coresponding Author: [hendrisaromandoni@student.uns.ac.id](mailto:hendrisaromandoni@student.uns.ac.id)  
Dikirim: 30-12-2025; Direvisi: 12-01-2026; Diterima: 18-01-2026

**Abstrak:** Pembelajaran geometri di SMA sering menghasilkan pemahaman prosedural karena siswa cenderung menghafal rumus tanpa memeriksa syarat keberlakuan konsep. Kondisi ini tampak pada Teorema Pitot yang menuntut pemahaman segitiga dan segiempat singgung beserta alasan geometris sebelum perhitungan. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan rekonstruksi pemahaman konsep Teorema Pitot melalui pembelajaran konstruktivisme berbantuan kecerdasan buatan. Metode yang digunakan adalah studi kasus kualitatif pada siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Karanganom Klaten, dengan pengumpulan data melalui wawancara semi terstruktur dan hasil pekerjaan siswa secara berkelompok termasuk interaksi dengan kecerdasan buatan sebagai data pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas siswa belum mengenal Teorema Pitot dan memaknainya sebagai rumus, lalu mengalami pergeseran menuju pemahaman konseptual setelah diskusi kelompok berbantuan *artificial intelligence* seperti Gemini dan ChatGPT. Perubahan tampak pada meningkatnya penggunaan sketsa beranotasi, penandaan sisi relevan, serta pengaitan teorema dengan konsep dasar garis singgung. Kecerdasan buatan berperan sebagai *scaffolding digital* untuk eksplorasi awal, sedangkan verifikasi konsep terjadi melalui negosiasi makna dalam kelompok dan mediasi guru. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi kecerdasan buatan selaras dengan konstruktivisme ketika ditempatkan sebagai pemantik eksplorasi dan tetap diikuti strategi verifikasi konseptual.

**Kata kunci:** konstruktivisme; kecerdasan buatan; Teorema Pitot; segiempat singgung; pemahaman konsep.

**Abstract:** Geometry learning in senior high school frequently results in procedural understanding, as students tend to memorize formulas without verifying the conditions under which a concept is valid. This issue is prominent in Pitot's theorem, which requires students to understand tangential quadrilaterals and to justify geometric relationships before performing computations. This study aims to describe the reconstruction of students' conceptual understanding of Pitot's theorem through constructivist learning supported by artificial intelligence. This study adopted a qualitative case study method focusing on eleventh-grade students at SMA Negeri 1 Karanganom Klaten. Data were collected using semi-structured interviews, documentation of students' written notes and group work including interactions with artificial intelligence, and a formative test as supporting evidence. The findings indicate that most students initially did not recognize Pitot's theorem and approached it as a memorized rule, but subsequently shifted toward conceptual understanding after group discussions supported by artificial intelligence tools such as Gemini and ChatGPT. This shift was reflected in more meaningful annotated sketches, clearer identification of relevant sides, and explicit links between the theorem and the underlying idea of equal tangent segment lengths from a common external point. Artificial intelligence functioned as digital scaffolding for early exploration, whereas conceptual verification emerged through meaning negotiation within groups and teacher mediation. The study concludes that artificial intelligence integration is



consistent with constructivist principles when it is used to initiate exploration and is accompanied by deliberate strategies for conceptual verification.

**Keywords:** constructivism; artificial intelligence; Pitot's theorem; tangential quadrilateral; conceptual understanding.

## PENDAHULUAN

Pemahaman konsep merupakan fondasi utama pembelajaran matematika karena memungkinkan siswa menalar, memeriksa kebenaran, dan mentransfer ide ke konteks baru. Standar internasional menekankan bahwa keberhasilan belajar matematika tidak cukup diukur dari ketepatan jawaban, melainkan dari kualitas penalaran, representasi, dan komunikasi matematis siswa (Anggoro et al., 2023). Praktik pengajaran yang efektif juga perlu memberi ruang bagi siswa untuk membangun makna melalui tugas bermakna, diskusi, dan refleksi, bukan sekadar latihan rutin (NCTM, 2014). Kajian ilmu belajar menegaskan bahwa pengetahuan berkembang ketika siswa mengaitkan informasi baru dengan struktur pengetahuan awalnya serta memperoleh umpan balik yang mendorong revisi pemahaman (NASEM, 2018). Orientasi ini relevan terutama pada topik yang menuntut pemodelan dan justifikasi, seperti geometri, karena proses belajar sangat dipengaruhi oleh cara siswa merepresentasikan objek matematika.

Pembelajaran geometri sering memperlihatkan jurang antara definisi formal dan cara siswa memaknai konsep melalui pengalaman visual maupun prosedural. Teori representasi semiotik menunjukkan bahwa kesulitan memahami matematika kerap muncul ketika siswa tidak mampu melakukan konversi antarregister representasi, misalnya dari gambar ke ekspresi aljabar atau dari narasi ke argumen deduktif. Perbedaan antara *concept image* dan *concept definition* juga menjelaskan mengapa siswa dapat merasa paham tetapi sebenarnya mengandalkan gambaran mental yang tidak selaras dengan definisi formal (Jatisunda, 2021; Tall, 2008). Kondisi tersebut dapat menghasilkan konflik kognitif ketika siswa menghadapi soal yang menuntut penerapan syarat atau konteks khusus. Teori perubahan konseptual menekankan perlunya pengalaman belajar yang membuat siswa melihat keterbatasan gagasan awalnya, sekaligus menyediakan alternatif konseptual yang lebih memadai (Ismaimuza, 2025; Posner et al., 1982; Rusmana, 2021). Kerangka ini mengisyaratkan bahwa intervensi pembelajaran perlu dirancang untuk mengaktifkan penalaran dan negosiasi makna, bukan hanya memperbanyak paparan rumus.

Teorema Pitot menjadi contoh menarik karena secara teknis tampak sederhana, tetapi konsepnya bergantung pada pemahaman syarat keberlakuan pada segiempat singgung (*tangential quadrilateral*). Dalam geometri klasik, teorema ini menyatakan bahwa pada segiempat singgung, jumlah dua sisi berhadapan sama dengan jumlah dua sisi berhadapan lainnya, sehingga pemakaian rumus harus selalu didahului verifikasi sifat kesinggungan (Jupri, 2021). Banyak siswa cenderung memperlakukan teorema sebagai aturan hitung yang dapat diterapkan pada semua segiempat, padahal sifat tersebut tidak universal dan memerlukan alasan geometris yang eksplisit. Literatur geometri juga menunjukkan bahwa karakterisasi segiempat singgung berkaitan dengan relasi sisi dan struktur konfigurasi, sehingga pembuktian serta penerapannya menuntut kemampuan menghubungkan representasi visual dan hubungan aljabar (Malasari et al., 2017; Nugroho et al., 2025). Pemilihan Teorema Pitot dalam penelitian ini sekaligus memberi ruang untuk menilai bagaimana siswa memeriksa prasyarat teorema, membangun argumen, dan mengaitkan gambar dengan simbol. Fokus ini



menjadi penting karena hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa perubahan pemahaman siswa terutama terjadi ketika syarat keberlakuan teorema diperdebatkan dan divisualisasikan, bukan ketika rumus dihafalkan.

Kerangka konstruktivisme menyediakan pijakan teoritis untuk menjelaskan bagaimana pemahaman konsep terbentuk melalui aktivitas siswa dalam menyusun, menguji, dan merevisi ide. Perspektif konstruktivisme kognitif menekankan bahwa pengetahuan berkembang melalui proses adaptasi terhadap pengalaman dan ketidakseimbangan kognitif yang memicu restrukturisasi skema (Piaget, 1972; Suparlan, 2019). Konstruktivisme radikal menambahkan bahwa “makna” bersifat hasil konstruksi subjek berdasarkan viabilitas penjelasan, sehingga pembelajaran perlu memfasilitasi justifikasi dan koherensi internal, bukan sekadar transmisi fakta (Thompson, 2020). Perspektif sosial-konstruktivis menempatkan interaksi dan bahasa sebagai medium utama pembentukan fungsi mental tingkat tinggi, termasuk penalaran matematis (Rustiyana et al., 2025; Wibowo et al., 2025). Gagasan *discovery learning* juga menegaskan nilai aktivitas menemukan pola dan hubungan sebagai cara membangun pemahaman yang lebih tahan uji dibanding penerimaan pasif (Nuryakin, 2025). Kerangka tersebut sejalan dengan temuan penelitian ini yang memperlihatkan pergeseran siswa dari strategi prosedural menuju penalaran konseptual setelah mengalami eksplorasi dan diskusi terarah.

Perkembangan kecerdasan buatan, khususnya model bahasa besar (*large language models/LLM*), membuka peluang baru untuk menyediakan dukungan belajar yang lebih responsif melalui dialog, penjelasan, dan umpan balik instan. Tinjauan sistematis menunjukkan bahwa riset AI di pendidikan telah berkembang pesat, tetapi sering kali lebih menonjolkan aspek teknis dan layanan akademik dibanding pembahasan pedagogis yang berakar pada teori belajar (Richter et al., 2019). Panduan global UNESCO menekankan perlunya pendekatan berpusat pada manusia, termasuk perlindungan privasi, validasi pedagogis, serta literasi kritis agar penggunaan generative AI tidak mengantikan peran penalaran manusia (Miao, 2021). Kajian tentang peluang dan tantangan ChatGPT dalam pendidikan juga menegaskan bahwa LLM dapat mendukung personalisasi dan ideasi, tetapi tetap memerlukan pengawasan, verifikasi sumber, dan desain pembelajaran yang mendorong berpikir kritis (Judijanto et al., 2025). Literatur terkini memperlihatkan bahwa aplikasi LLM dalam pendidikan mencakup dukungan pembelajaran, penilaian, umpan balik, integritas akademik, serta isu etika dan regulasi (Cibu et al., 2025). Implikasi dari temuan-temuan tersebut menuntut rancangan pembelajaran yang tidak menjadikan AI sebagai “jawaban akhir,” melainkan sebagai alat mediasi dalam proses konstruksi pengetahuan.

Risiko utama pemanfaatan LLM dalam pembelajaran terletak pada ketidakpastian kebenaran jawaban, bias, kurangnya transparansi, serta potensi ketergantungan siswa pada keluaran sistem. Kajian *scoping review* mengidentifikasi beragam tantangan praktis dan etis, seperti kesiapan teknologi yang bervariasi, isu privasi, keterbatasan replikasi, dan kebutuhan pendekatan human-centered agar penggunaan LLM tidak merugikan peserta didik (Yan et al., 2023). UNESCO juga menekankan bahwa adaptasi kebijakan sering tertinggal dari laju pengembangan teknologi, sehingga institusi pendidikan perlu menyiapkan rambu etik dan pedagogis yang jelas (Mohamed et al., 2022). Konteks pembelajaran matematika memperbesar risiko ketika siswa menerima penjelasan AI tanpa menguji syarat, definisi, dan struktur argumen. Temuan penelitian ini menguatkan kebutuhan tersebut karena siswa



menunjukkan kecenderungan menilai AI sebagai “mitra diskusi” yang membantu membuka langkah, tetapi kualitas konseptual tetap bergantung pada proses verifikasi melalui diskusi kelompok dan pembimbingan guru. Konsekuensinya, integrasi AI perlu dipadukan dengan strategi konstruktivis yang menuntun siswa memeriksa prasyarat, menilai konsistensi, dan membangun alasan matematis.

Berangkat dari kondisi tersebut, penelitian ini menempatkan rekonstruksi konstruktivisme sebagai kerangka dalam merancang pembelajaran matematika berbantuan kecerdasan buatan yang menekankan aktivitas belajar bermakna, dialog, dan validasi konsep. Studi kasus pada pemahaman Teorema Pitot dipilih karena temuan awal menunjukkan bahwa permasalahan utama siswa tidak terletak pada kesalahan prosedural, melainkan pada ketidakjelasan dalam membedakan konteks segiempat singgung dan segiempat umum. Oleh karena itu, rancangan pembelajaran diarahkan untuk memfasilitasi eksplorasi, pertanyaan reflektif, serta negosiasi makna antara siswa, guru, dan AI, sehingga mendorong pergeseran dari hafalan rumus menuju pemahaman terhadap syarat dan alasan geometris yang mendasarinya. Sejalan dengan kerangka tersebut, tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan proses konstruksi pengetahuan siswa mengenai Teorema Pitot melalui diskusi kelompok yang dipadukan dengan interaksi berbantuan AI, serta mengidentifikasi bentuk dukungan dan keterbatasan AI dalam memfasilitasi pemahaman konseptual siswa.

## KAJIAN TEORI

### Konstruktivisme dalam pembelajaran matematika

Konstruktivisme memandang belajar sebagai proses aktif ketika siswa membangun makna melalui interaksi antara pengetahuan awal dan pengalaman baru. Pandangan Piaget menekankan mekanisme asimilasi dan akomodasi yang muncul saat siswa menghadapi ketidakseimbangan kognitif, lalu mereorganisasi skema untuk mencapai pemahaman yang lebih stabil (Babakr et al., 2019). Perspektif sosial-konstruktivis menempatkan bahasa dan interaksi sosial sebagai medium utama perkembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi, termasuk penalaran matematis (Wibowo et al., 2025). Peran bantuan terarah dari orang yang lebih ahli dipahami sebagai penyangga perkembangan (zona perkembangan proksimal) yang memungkinkan siswa melakukan tugas yang semula belum mampu dilakukan secara mandiri (Kurniati, 2025). Pembelajaran bermakna dalam kerangka ini menuntut aktivitas eksplorasi, dialog, dan justifikasi, bukan penerimaan informasi secara pasif. Discovery learning juga memperkuat gagasan bahwa proses menemukan relasi dan pola melalui aktivitas terstruktur membantu siswa membangun konsep yang lebih tahan uji (Adelia & Azka, 2021; Suparlan, 2019).

### Pemahaman konsep, miskonsepsi, dan representasi matematis

Pemahaman konsep matematika sering tidak sejalan dengan definisi formal yang diajarkan, sebab siswa membangun gambaran konsep (*concept image*) dari pengalaman dan contoh yang terbatas. Perbedaan antara *concept image* dan *concept definition* menjelaskan mengapa siswa dapat merasa “paham” tetapi menerapkan konsep secara keliru pada situasi baru (Jatisunda, 2021). Teori perubahan konseptual menjelaskan bahwa revisi pemahaman terjadi apabila siswa menganggap gagasan lama tidak memadai, lalu menerima gagasan baru yang lebih masuk akal, dapat



digunakan, dan produktif untuk menjelaskan fenomena (Arsyad et al., 2025). Peran representasi menjadi krusial karena matematika dipelajari melalui berbagai register, seperti gambar, simbol, dan bahasa, serta pemahaman meningkat ketika siswa mampu melakukan konversi antar representasi secara tepat (Anwar, 2023). Topik geometri sering memunculkan hambatan ketika siswa tidak membedakan informasi visual yang “tampak benar” dan informasi deduktif yang “harus dibuktikan.” Kerangka ini relevan untuk membaca pergeseran pemahaman siswa dari penggunaan rumus menuju penalaran berbasis syarat dan alasan geometris.

### **Teorema Pitot pada segiempat singgung sebagai materi konseptual**

Teorema Pitot merupakan teorema geometri yang berlaku pada segiempat singgung (*tangential quadrilateral*), yaitu segiempat yang keempat sisinya menyinggung satu lingkaran. Pernyataan teorema menyatakan jumlah dua sisi berhadapan sama dengan jumlah dua sisi berhadapan lainnya, sehingga penerapannya mensyaratkan verifikasi kesinggungan terlebih dahulu. Konsep kunci yang sering digunakan untuk membangun pembuktian dan pemahaman adalah kesamaan panjang dua garis singgung yang ditarik dari satu titik luar ke lingkaran. Literatur geometri menunjukkan adanya berbagai karakterisasi segiempat singgung yang menuntut penguasaan relasi sisi, sudut, dan sifat lingkaran singgung, sehingga topik ini kuat untuk menilai pemahaman konseptual dan kemampuan justifikasi (Jupri, 2021; Romandoni et al., 2024). Kajian lain menekankan bahwa sifat-sifat segiempat singgung sering disalahpahami bila siswa hanya mengejar hasil hitung tanpa memeriksa kondisi bangun (Miharja, 2024). Karakteristik tersebut menjadikan Teorema Pitot cocok sebagai konteks untuk menelaah miskonsepsi, konflik kognitif, serta rekonstruksi pemahaman melalui diskusi dan mediasi guru.

### **Kecerdasan buatan generatif sebagai scaffolding dan artefak belajar**

Kecerdasan buatan generatif, khususnya model bahasa besar, dapat berfungsi sebagai alat bantu kognitif yang menyediakan penjelasan, contoh, dan respons dialogis secara cepat. Tinjauan sistematis tentang AI dalam pendidikan menunjukkan bahwa pemanfaatan AI berkembang luas, namun sering kurang diikat oleh kerangka pedagogis yang eksplisit sehingga desain pembelajaran tetap menentukan kualitas belajar (Dasari et al., 2024). LLM dapat memperluas kesempatan eksplorasi awal siswa, tetapi keluaran sistem dapat keliru, tidak konsisten, atau terlalu umum sehingga memerlukan literasi kritis dan verifikasi konseptual. UNESCO menekankan perlunya tata kelola dan penggunaan yang berpusat pada manusia, termasuk transparansi, perlindungan privasi, serta penguatan peran guru agar AI tidak menggantikan penalaran dan tanggung jawab akademik. Kajian posisi tentang ChatGPT di pendidikan juga menekankan peluang dukungan belajar dan tantangan seperti ketepatan informasi, bias, serta kebutuhan desain tugas yang mendorong berpikir kritis dan argumentasi (Kasneci et al., 2023). Peran AI dalam kelas matematika lebih produktif ketika ditempatkan sebagai pemicu dialog, bukan otoritas kebenaran, sehingga proses validasi tetap ditopang diskusi kelompok dan pembimbingan guru.

### **Sintesis kerangka teoretis untuk penelitian**

Kerangka penelitian ini menggabungkan konstruktivisme, teori representasi, dan perubahan konseptual untuk menjelaskan bagaimana pemahaman Teorema Pitot dapat direkonstruksi melalui pengalaman belajar yang memunculkan konflik kognitif dan



negosiasi makna. Interaksi sosial memfasilitasi argumentasi, klarifikasi syarat, serta pembentukan kesepakatan matematis yang lebih stabil, sejalan dengan pandangan sosial-konstruktivis tentang fungsi bahasa dalam pengembangan konsep (Malik et al., 2025). AI diposisikan sebagai *scaffolding* digital yang mempercepat pencarian contoh dan penjelasan awal, sementara ketidakpastian jawaban AI berpotensi memicu kegiatan verifikasi yang produktif ketika kelas memiliki norma diskusi dan bukti. Proses rekonstruksi pemahaman diperkirakan tampak melalui pergeseran representasi siswa, misalnya dari rumus ke sketsa beranotasi, identifikasi prasyarat, dan alasan berbasis sifat garis singgung serta segiempat singgung. Mediasi guru tetap sentral untuk mengarahkan kualitas pertanyaan, menjaga akurasi konsep, dan menumbuhkan kebiasaan memeriksa kebenaran secara matematis, bukan sekadar menerima keluaran AI. Sintesis ini memberi dasar teoretis untuk membaca temuan tentang peran AI sebagai pemantik eksplorasi, serta peran diskusi kelompok dan guru sebagai mekanisme utama validasi dan konsolidasi konsep.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif berjenis studi kasus untuk menelaah secara mendalam rekonstruksi pemahaman konsep Teorema Pitot saat siswa berinteraksi dengan AI dalam kerja kelompok. Fokus studi kasus ditempatkan pada fenomena kontemporer yang terjadi dalam konteks kelas nyata, sehingga proses berpikir dapat diamati secara naturalistik. Desain kualitatif dipilih karena tujuan penelitian menekankan pelacakan dinamika konstruksi pengetahuan, bukan pengujian efektivitas intervensi secara eksperimental. Analisis diarahkan pada jejak perubahan representasi siswa dari prosedural menuju konseptual, termasuk cara siswa memeriksa syarat keberlakuan teorema melalui diskusi dan verifikasi. Orientasi studi kasus selaras untuk memahami “bagaimana” dan “mengapa” perubahan pemahaman terjadi pada konteks pembelajaran tertentu (Radianto et al., 2025).

### Lokasi dan Subjek

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Karanganom, Klaten pada siswa kelas XI fase F yang sedang mempelajari materi Lingkaran. Pemilihan subjek penelitian dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik ini diterapkan untuk menentukan subjek dengan kriteria spesifik, yaitu siswa yang merepresentasikan variasi kemampuan matematika (tinggi, sedang, rendah) serta memiliki keaktifan komunikasi yang dominan dalam diskusi kelompok.

Dari total 36 siswa dalam satu kelas, ditetapkan sebanyak 20 siswa sebagai subjek fokus wawancara, sementara kegiatan pembelajaran tetap melibatkan seluruh siswa dalam konteks kelas yang sama. Penggunaan *purposive sampling* ini didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh narasi proses belajar yang mendalam, terutama terkait pengalaman siswa saat memosisikan AI sebagai sumber bantuan sekaligus objek verifikasi. Selain itu, pemilihan ini mempertimbangkan heterogenitas pengetahuan awal siswa, dimana mayoritas belum mengenal Teorema Pitot dan cenderung memandangnya sekadar sebagai rumus hafalan.

### Sumber Data

Sumber data penelitian mencakup data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam, sedangkan data sekunder berupa dokumen



hasil belajar siswa. Instrumen yang digunakan terdiri atas pedoman wawancara semi-terstruktur dan dokumentasi hasil kerja siswa bersama AI. Wawancara difokuskan untuk menggali pengetahuan awal dan akhir, proses konstruksi pengetahuan, peran AI, serta dinamika kelompok. Sementara itu, dokumentasi catatan siswa digunakan untuk menelusuri jejak visual dan tulis mengenai bagaimana informasi dari AI disalin, dimodifikasi, dan diintegrasikan ke dalam strategi pemecahan masalah.

### Prosedur Penelitian

Tahap perencanaan penelitian diawali dengan penyusunan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan *Artificial Intelligence* (AI) sebagai alat bantu kognitif (*scaffolding*). Pada tahap implementasi, kelas dibagi menjadi kelompok-kelompok kecil yang heterogen, di mana setiap kelompok beranggotakan enam siswa. Pembagian ini bertujuan untuk memfasilitasi kolaborasi dalam menyelesaikan permasalahan geometri, khususnya terkait segitiga dan segiempat yang sisinya menyinggung lingkaran (Teorema Pitot).

Selama proses pembelajaran, siswa diarahkan untuk memanfaatkan aplikasi AI (seperti ChatGPT atau Gemini) secara kritis guna mencari definisi, memverifikasi sifat-sifat bangun datar, serta memvisualisasikan konsep abstrak. Peneliti bertindak sebagai fasilitator sekaligus pengamat (*observer*) untuk merekam dinamika interaksi, kemunculan konflik kognitif, serta negosiasi makna antarsiswa saat berinteraksi dengan AI. Sebagai bentuk evaluasi pemahaman dan *problem-based reasoning*, tugas kelompok tidak hanya mencakup penyelesaian masalah utama, tetapi juga penyusunan dua soal penerapan Teorema Pitot beserta kunci jawabannya.

### Teknik Analisis Data

Analisis data mengikuti model interaktif Miles (1994) yang berlangsung secara siklik sejak pengumpulan data hingga penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan melalui pemilihan transkrip wawancara dan hasil pekerjaan siswa untuk mempertahankan segmen yang merepresentasikan konstruksi pengetahuan dan munculnya miskonsepsi. Proses berikutnya berupa koding tematik untuk mengelompokkan data ke kategori yang mencerminkan pola interaksi siswa-AI dan dinamika sosial kelompok. Tema yang digunakan dalam koding mencakup konflik kognitif, verifikasi jawaban AI, dan negosiasi makna dalam kelompok, karena ketiganya tampak dominan dalam temuan penelitian. Triangulasi sumber diterapkan melalui pembandingan antara wawancara dan hasil pekerjaan siswa guna memeriksa konsistensi interpretasi. Penarikan kesimpulan dilakukan secara bertahap dan diverifikasi berulang agar kesimpulan akhir bersifat kokoh dan berlandaskan data.

Keabsahan temuan diperkuat melalui triangulasi sumber yang membandingkan pernyataan siswa saat wawancara dan jejak tulisan/visual. Pengecekan ulang dilakukan ketika muncul ketidaksesuaian antara narasi lisan dan artefak tertulis agar interpretasi tidak berhenti pada kesan pertama. Strategi audit jejak analisis dapat ditunjukkan melalui dokumentasi proses koding, perubahan kategori, serta alasan pemilihan kutipan data pada hasil penelitian (H. Miles & Huberman, 2020). Identitas siswa sebaiknya disamarkan pada pelaporan hasil, terutama pada kutipan wawancara dan tangkapan riwayat chat, untuk menjaga kerahasiaan partisipan. Persetujuan partisipasi dan penjelasan tujuan penggunaan data pembelajaran perlu dinyatakan secara eksplisit agar penggunaan artefak digital terkait AI memenuhi prinsip etika



penelitian pendidikan. Praktik ini penting karena data yang dianalisis mencakup jejak komunikasi digital yang berpotensi memuat informasi personal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

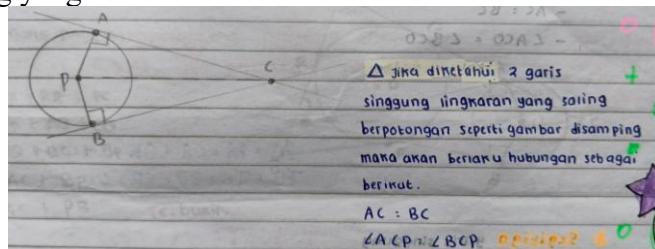
### Pemahaman awal siswa tentang Teorema Pitot

Hasil wawancara awal menunjukkan bahwa pengetahuan awal siswa tentang Teorema Pitot masih sangat terbatas. Sebanyak 19 dari 20 siswa menyatakan belum pernah mengenal Teorema Pitot, sementara satu siswa pernah melihat penerapannya melalui YouTube ketika SMP, tetapi tidak mengenali istilahnya dan hanya mengingat bentuk rumusnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa akses terhadap materi sebelumnya tidak otomatis membentuk pemahaman konseptual yang memadai, khususnya pada topik geometri yang menuntut koordinasi representasi dan alasan. Beberapa siswa juga melaporkan bahwa pembuktian Teorema Pitot pada segitiga dirasakan lebih sulit dibandingkan pada segiempat. Situasi ini memberi sinyal adanya hambatan awal pada aspek argumentasi geometris, bukan sekadar hambatan prosedural.

Indikasi miskonsepsi tampak kuat pada cara siswa memaknai teorema sebagai rumus yang perlu dihafalkan. Kecenderungan tersebut muncul bersamaan dengan lemahnya pemahaman prasyarat keberlakuan teorema. Dalam perspektif *concept image-concept definition*, siswa dapat memiliki “gambaran” Pitot sebagai kesetaraan jumlah sisi, tetapi belum mengaitkannya dengan definisi formal dan kondisi geometris yang membuat relasi itu benar (Jatisunda, 2021). Pengetahuan awal yang rapuh semacam ini sering bertahan karena siswa merasa rumus sudah cukup untuk menjawab soal rutin, sehingga kebutuhan untuk memeriksa syarat tidak muncul. Kerangka perubahan konseptual menjelaskan bahwa revisi pemahaman baru mungkin terjadi jika siswa mengalami ketidakcukupan gagasan awal dan menemukan penjelasan baru yang lebih masuk akal serta produktif (Sari et al., 2025).

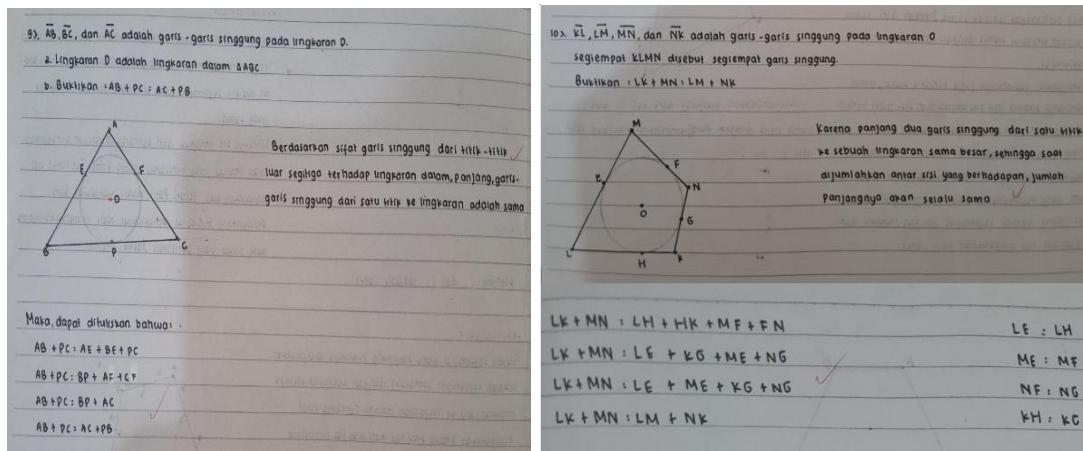
### Proses konstruksi pengetahuan melalui Diskusi Kelompok dan AI

Analisis terhadap catatan dan hasil kerja kelompok siswa menunjukkan adanya perubahan bertahap dalam cara siswa merepresentasikan Teorema Pitot. Pada tahap awal, catatan siswa didominasi oleh penulisan rumus tanpa disertai penjelasan konseptual atau representasi visual yang memadai. Sketsa bangun geometri yang dibuat masih sederhana dan belum menunjukkan pemahaman terhadap syarat keberlakuan Teorema Pitot. Seiring dengan pembelajaran berbantuan AI dan diskusi kelompok, catatan siswa mulai memuat konsep dasar yang melandasi Teorema Pitot, yaitu panjang dua garis singgung lingkaran yang ditarik dari satu titik di luar lingkaran memiliki panjang yang sama.



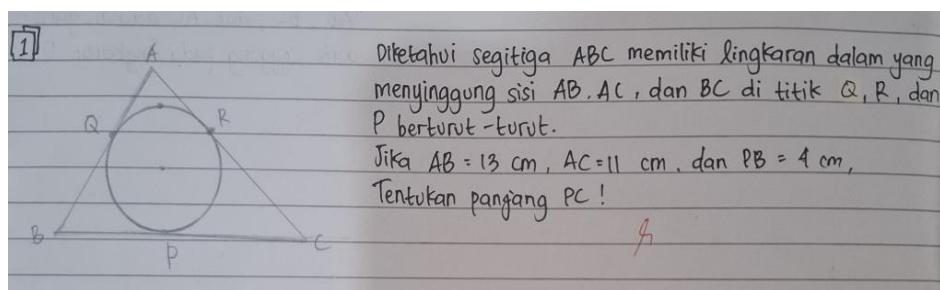
Gambar 1. Artefak eksplorasi siswa terhadap konsep garis singgung lingkaran sebagai dasar pembuktian Teorema Pitot

Selain itu, siswa mulai menyajikan sketsa segitiga dan segiempat singgung dengan penandaan sisi-sisi yang relevan serta penjelasan hubungan antar sisi secara lebih sistematis. Perubahan ini menunjukkan terjadinya pergeseran dari pencatatan prosedural menuju representasi konseptual.



Gambar 2. Pembuktian Teorema Pitot pada Segitiga dan Segiempat

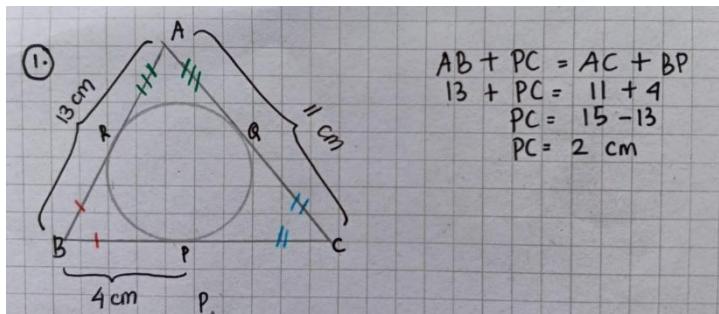
Hasil wawancara menunjukkan bahwa AI dimanfaatkan siswa sebagai sarana eksplorasi awal dalam memahami Teorema Pitot. Siswa menggunakan AI untuk mencari teori, pembuktian, dan contoh soal dengan variasi prompt yang berbeda. Namun demikian, siswa juga menyadari keterbatasan AI, seperti ketidakkonsistensiannya, tingkat kebahasaan yang terlalu tinggi, dan ketepatan konsep yang belum selalu terjamin. Kondisi tersebut mendorong siswa untuk tidak menerima informasi secara pasif, melainkan melakukan klarifikasi melalui diskusi kelompok dan pencarian sumber belajar lain seperti youtube ataupun website yang menyajikan Teorema Pitot. Dengan demikian, AI berperan sebagai scaffolding digital awal yang memfasilitasi proses refleksi dan evaluasi kritis terhadap informasi, bukan sebagai sumber kebenaran final.



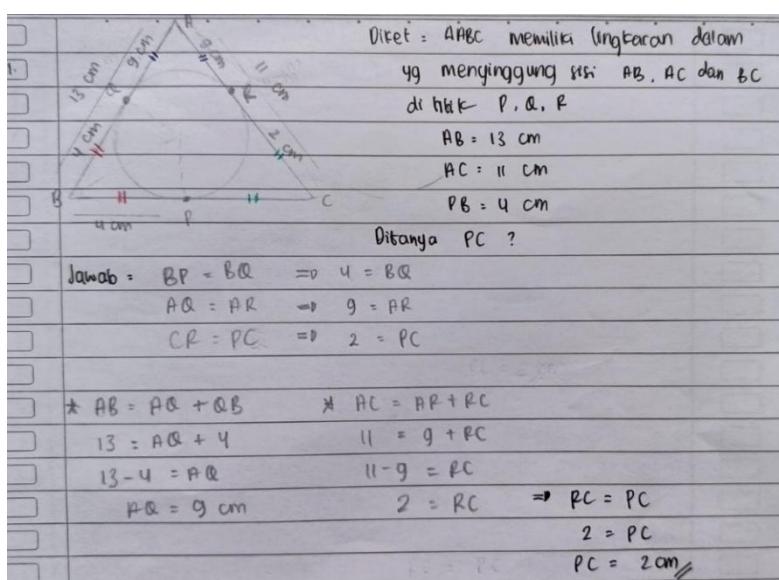
Gambar 3. Rancangan Soal dari Salah Satu Kelompok

Artefak perancangan soal ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu mengkonstruksikan masalah matematis berbasis Teorema Pitot. Analisis terhadap cara siswa memecahkan masalah menunjukkan adanya perubahan strategi yang signifikan. Pada tahap awal, siswa cenderung langsung menerapkan rumus Teorema Pitot tanpa mempertimbangkan syarat keberlakuannya. Pendekatan ini bersifat prosedural dan berorientasi pada hasil akhir.



**Gambar 4.** Bentuk penerapan Teorema Pitot dalam penyelesaian soal

Setelah melalui proses eksplorasi dengan AI dan diskusi kelompok, siswa mulai mengadopsi pendekatan pemecahan masalah yang lebih reflektif. Siswa terlebih dahulu mengidentifikasi karakteristik bangun, memeriksa keberadaan lingkaran singgung, menggunakan sketsa sebagai alat bantu penalaran, serta menjelaskan alasan matematis sebelum melakukan perhitungan. Pergeseran ini menunjukkan berkembangnya pemecahan masalah berbasis penalaran konseptual.

**Gambar 5.** Pemecahan masalah dari salah satu kelompok menggunakan konsep dasar Teorema Pitot.

### Rekonstruksi konstruktivisme dalam proses belajar

Pada pembelajaran Teorema Pitot, AI berfungsi sebagai *scaffolding* digital yang memfasilitasi siswa memperoleh pemahaman awal melalui penjelasan, pembuktian, dan contoh penerapan konsep. *Scaffolding* ini bersifat adaptif karena siswa dapat menyesuaikan pertanyaan dengan kebutuhan dan tingkat pemahaman masing-masing. Namun, *scaffolding* digital tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan memerlukan mediasi melalui diskusi kelompok, media digital lain (youtube dan website), dan validasi guru agar tidak menimbulkan miskonsepsi.

Dalam penelitian ini, pembelajaran Teorema Pitot dirancang dan dilaksanakan menggunakan pendekatan *guided discovery*, yang memfasilitasi siswa dalam menemukan konsep secara bertahap melalui eksplorasi sumber belajar digital, diskusi kolaboratif, dan analisis pembuktian matematis. Siswa membangun pemahaman mulai dari konsep dasar garis singgung lingkaran, kemudian menggunakan untuk



membuktikan Teorema Pitot pada segitiga dan segiempat. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan proses penemuan agar tetap berada dalam kerangka konseptual yang tepat.

*Problem-based reasoning*, aktivitas pembelajaran juga menekankan problem-based reasoning melalui kegiatan penyusunan soal dan pertukaran soal antar kelompok. Siswa tidak hanya menyelesaikan soal, tetapi juga merancang soal sendiri beserta kunci jawabannya dan mengevaluasi jawaban kelompok lain. Aktivitas ini mendorong siswa untuk memahami konsep secara mendalam dan membangun alasan matematis yang logis dalam konteks pemecahan masalah.

Analisis terhadap pekerjaan siswa menunjukkan adanya peningkatan kualitas pemahaman konseptual. Pada tahap awal, jawaban siswa masih bersifat prosedural dan kurang disertai penjelasan matematis. Setelah pembelajaran berbantuan AI dan diskusi kelompok, jawaban siswa menjadi lebih sistematis, disertai sketsa, penjelasan alasan penggunaan teorema, serta identifikasi syarat keberlakuan konsep. Peningkatan pemahaman siswa tercermin dari kemampuan mereka menjelaskan Teorema Pitot secara verbal dan tertulis, mengaitkannya dengan konsep dasar garis singgung lingkaran, serta menerapkannya pada konteks soal yang bervariasi. Pemahaman yang terbentuk bersifat generatif, memungkinkan siswa mentransfer konsep ke situasi baru. Keterpaduan antara hasil wawancara, analisis catatan, dan artefak pekerjaan siswa menunjukkan konsistensi temuan penelitian. Perubahan cara berpikir dan strategi pemecahan masalah yang teridentifikasi melalui wawancara selaras dengan peningkatan kualitas artefak pekerjaan siswa, sehingga memperkuat keabsahan temuan melalui triangulasi data kualitatif.

## Diskusi

Temuan penelitian ini sejalan dengan konstruktivisme yang memandang belajar sebagai proses aktif membangun pengetahuan melalui interaksi antara pengalaman baru dan struktur kognitif yang sudah dimiliki siswa (Suparlan, 2019; Thompson, 2020). Dalam konteks pemahaman Teorema Pitot, pembentukan konsep tampak bergerak melalui rangkaian eksplorasi, konflik kognitif, negosiasi makna, restrukturisasi skema. Tahap “konflik kognitif” dapat dipahami sebagai pemicu perubahan konseptual ketika penjelasan awal siswa tidak lagi memadai untuk menafsirkan situasi/masalah yang dihadapi, sehingga mendorong akomodasi gagasan baru. Restrukturisasi ini tidak hanya bersifat individual, tetapi juga terjadi secara sosial melalui bahasa, argumentasi, dan praktik diskursif di kelas yang menegaskan integrasi konstruktivisme Piagetian dan sosial-konstruktivisme Vygotskyan (Kurniati, 2025).

Dari perspektif pendidikan matematika, “negosiasi makna” dapat dipertegas sebagai proses partisipasi siswa dalam praktik matematika kelas (misalnya menjelaskan, menilai kewajaran strategi, menyepakati apa yang dianggap sebagai solusi yang “matematis”) yang dibentuk oleh norma sosial dan sosiomatematis (Rahmah et al., 2020). Artinya, perubahan pemahaman Teorema Pitot tidak semata lahir dari penemuan individu, tetapi juga dari proses sosial ketika siswa membandingkan strategi, menguji argumen, dan menyelaraskan makna konsep melalui diskusi yang dimediasi.

Peran AI dalam penelitian ini dapat diposisikan sebagai artefak epistemik / cognitive tool yang membantu siswa “berpikir dengan alat” (bukan sekadar menerima jawaban), misalnya melalui visualisasi, umpan balik, pertanyaan pemanfaatan, dan ruang untuk merevisi penalaran. Dalam kerangka artefak dan representasi, AI dapat



dipandang menyediakan medium representasional yang memungkinkan siswa melakukan eksplorasi dan refleksi atas objek-objek matematika secara lebih fleksibel. Namun, efektivitasnya sangat ditentukan oleh desain pedagogis dan mediasi guru—karena pembelajaran berbasis penemuan yang minim panduan berisiko tidak efektif bila *scaffolding* konseptual dan proseduralnya tidak memadai. Dengan kata lain, AI tidak menggantikan peran guru, melainkan memperkaya pembelajaran ketika digunakan sebagai alat bantu konstruktivistik yang terarah.

Implikasinya, penggunaan AI dalam pembelajaran matematika perlu dirancang sebagai *scaffolding* (dukungan bertahap) dan *guided discovery*, misalnya melalui tugas eksploratif yang terstruktur, prompt yang mendorong justifikasi, serta sesi diskusi kelompok untuk menguji dan memvalidasi ide. Dalam literatur AI dalam pendidikan, peran pendidik juga ditegaskan penting untuk memastikan penerapan AI tidak sekadar teknis, tetapi terkait tujuan pedagogis, etika, dan kualitas interaksi belajar (Chen, 2024; Dasari et al., 2024; Judijanto et al., 2025). Khusus untuk model generatif, sejumlah kajian juga menekankan peluang AI untuk memperkaya dialog belajar sekaligus tantangannya (misalnya bias, halusinasi, ketergantungan), sehingga tetap memerlukan orkestrasi pedagogis dan literasi kritis yang kuat dari guru dan siswa (Frith, 2023).

## KESIMPULAN

Pada tahap awal pembelajaran dalam konteks penelitian ini sebagian besar siswa belum mengenal Teorema Pitot dan cenderung memaknainya sebagai rumus yang dapat langsung diterapkan. Kesulitan utama siswa terletak pada pemahaman syarat keberlakuan teorema dan penyusunan alasan geometris sebelum melakukan perhitungan. Pembelajaran berbantuan AI dalam diskusi kelompok mendorong pergeseran menuju pemahaman konseptual yang ditandai oleh penggunaan sketsa beranotasi, penandaan sisi relevan, serta pengaitan teorema dengan konsep dasar kesamaan panjang garis singgung dari satu titik luar. Rekonstruksi pemahaman tampak pada keterpaduan representasi visual, simbolik, dan verbal. AI berfungsi terutama sebagai *scaffolding* digital untuk eksplorasi awal, namun tidak menjadi sumber kebenaran final karena siswa menemukan jawaban yang kadang tidak konsisten atau terlalu kompleks, sehingga verifikasi melalui diskusi kelompok, rujukan lain (youtube/website), dan mediasi guru menjadi mekanisme kunci untuk memastikan ketepatan konsep. Implikasi temuan ini menegaskan perlunya desain tugas geometri yang menuntut pemeriksaan syarat, argumentasi, dan kritik terhadap keluaran AI, dengan guru berperan mengorkestrasi proses validasi dan penguatan konsep agar AI menjadi pemicu dialog matematis, bukan mesin jawaban. Keterbatasan penelitian ini berada pada cakupan studi kasus di satu kelas dan satu topik, sehingga penelitian lanjutan perlu memperluas konteks, membandingkan strategi orkestrasi guru, serta menelaah lebih rinci kualitas prompt dan proses verifikasi untuk memperkuat pemahaman tentang kontribusi AI terhadap perkembangan penalaran matematis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret atas dukungan dan fasilitasi selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih kepada SMA



Negeri 1 Karanganom atas izin dan dukungan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, D., & Azka, R. (2021). Mathematics Student Worksheet Based on Guided Discovery for Concept Understanding and Curiosity. *Hipotenusa : Journal of Mathematical Society*, 3(2), 186–199. <https://doi.org/10.18326/hipotenusa.v3i2.6316>
- Anggoro, A. F. D., Hendriana, H., & Yuliani, A. (2023). *Kemampuan Pemecahan Matematika, Koneksi Matematika, dan Penalaran Matematis Siswa Sekolah Menengah*. Guepedia.
- Anwar, rahmad bustanul. (2023). Jenis-Jenis Representasi Matematis Calon Guru Matematika Dalam Pemecahan Masalah Matematis. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(1), 173–182. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i1.5120>
- Arsyad, M., Suprayogi, M., Siregar, N., Maysara, S., Bahri, S., Chodijah, S., Napitupulu, M., Saswati, R., & Sitorus, N. (2025). Teori belajar dan pembelajaran. *Tuban, Jawa Timur*. Penerbit Yayasan Pendidikan Hidayatun Nihayah.
- Babakr, Z. H., Mohamedamin, P., & Kakamad, K. (2019). Piaget's Cognitive Developmental Theory: Critical Review. *Education Quarterly Reviews*, 2(3), 517–524.
- Chen, Q. (2024). ChatGPT-powered Inquiry-based Learning Model of Training for Intelligent Car Racing Competition. *Sensors and Materials*, 36(3), 1147–1161. <https://doi.org/10.18494/SAM4726>
- Cibu, B.-R., Crăciun, L., Molănescu, A. G., & Cotfas, L.-A. (2025). Exploring the Educational Applications of Large Language Models: A Systematic Review and Topic Analysis. *Electronics*, 14(23), 4683. <https://doi.org/10.3390/electronics14234683>
- Dasari, D., Hendriyanto, A., Sahara, S., Suryadi, D., Muhammin, L. H., Chao, T., & Fitriana, L. (2024). *ChatGPT in didactical tetrahedron, does it make an exception? A case study in mathematics teaching and learning*. 8, 1295413.
- Frith, K. H. (2023). ChatGPT: Disruptive Educational Technology. *Nursing Education Perspectives*, 44(3), 198–199. <https://doi.org/10.1097/01.nep.0000000000001129>
- Ismaimuza, D. (2025). *Konflik Kognitif, Berpikir Kritis dan Kreatif dalam Pembelajaran Matematika*. CV. Ruang Tentor.
- Jatisunda, M. G. (2021). *Concept image-concept definition siswa dan implikasinya terhadap pembelajaran*. 3, 751–755.
- Judijanto, L., Selviana, R., Rahmawati, E., Magdalena, L., Amilia, I. K., Fanani, M. Z., Yusufi, A., Sudipa, I. G. I., Prasetyo, D., & Nampira, A. A. (2025).



- Optimalisasi ChatGPT: Panduan dan Penerapan untuk Belajar, Mengajar, dan Membuat Konten Tanpa Batas.* PT. Green Pustaka Indonesia.
- Jupri, A. (2021). *Geometri dengan pembuktian dan pemecahan masalah*. Bumi Aksara.
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kurniati, E. (2025). Teori sosiokultural Vygotsky untuk anak usia dini. *Jurnal Studi Pendidikan Anak Usia Dini*, 1(1), 19–24.
- Malasari, P. N., Herman, T., & Jupri, A. (2017). The Construction of Mathematical Literacy Problems for Geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012071>
- Malik, M. S., Maslahah, M., Maulida, A. Z., Nikmah, L., & Hashinuddin, A. (2025). Vygotsky's Theory In The Development Of Social And Cognitive Skills Of The Alpha Generation. *FASHLUNA*, 6(1), 28–39.
- Miao, C. (2021). Emotional intelligence and job performance in the hospitality industry: A meta-analytic review. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 33(8), 2632–2652. <https://doi.org/10.1108/IJCHM-04-2020-0323>
- Miharja, J. (2024). *Analisis Kemampuan Menyelesaikan Soal Berbasis Higher Order Thinking Skill Siswa Smpn 19 Bengkulu Selatan Pada Materi Segi Tiga Dan Segi Empat* (Doctoral dissertation, UIN Fatmawati Sukarno).
- Miles, H., & Huberman, A. M. (2020). Qualitative data analysis: A methods sourcebook. *New York: Sage Publications, Inc.*
- Miles, M. B. (1994). Qualitative data analysis: An expanded sourcebook. *Thousand Oaks*.
- Mohamed, M. Z., Hidayat, R., Suhaizi, N. N., Mahmud, M. K. H., & Baharuddin, S. N. (2022). Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(3).
- NASEM, N. A. of S., Engineering, and Medicine. (2018). *How People Learn II: Learners, Contexts, and Cultures* (p. 24783). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24783>
- NCTM, N. C. of T. of M. (2014). *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. NCTM, National Council of Teachers of Mathematics.
- Nugroho, K. U. Z., Widada, W., Sukestiyarno, Y., Waluya, S. B., Herawaty, D., Anggoro, A. F. D., & Anggoro, S. D. T. (2025). *Problematika Dan Solusi Dalam Pembelajaran Geometri Non-Euclidean*. Feniks Muda Sejahtera.



- Nuryakin, M. P. (2025). *Model Pembelajaran Discovery Learning dan Penerapannya*. TATA AKBAR.
- Piaget, J. (1972). Development and learning. *Reading in Child Behavior and Development*, 38–46.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Radianto, W. E. D., Murwani, F. D., Wono, H. Y., Kom, S., & Kom, M. M. (2025). *Metode Penelitian Studi Kasus*. Prenada Media.
- Rahmah, R., Ikashaum, F., & Cahyo, E. D. (2020). Pemahaman Konsep Dan Perspektif Siswa Terhadap Geometri. *Linear: Journal of Mathematics Education*, 135–143.
- Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Romandoni, H. R., Maharani, S., & Suprapto, E. (2024). Development of ethnofun to improve computational thinking of junior high school students grade VII. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 431–443. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v15i2.22204>
- Rusmana, I. M. (2021). Konflik Kognitif dalam Pembelajaran Matematika. *Indonesian Journal of Education and Humanity*, 1(1), 9–16.
- Rustiyana, R., Haluti, F., Asmara, A., Sudarman, S., Jakfar, A. E., Suhesty, A., Handayani, N., & Mubarok, A. S. (2025). *Buku Ajar Psikologi Pendidikan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Sari, N., Kaharuddin, A., Zulfikar, M., Elvierayani, R. R., Rinawati, A., Kuspiyah, H. R., Irianti, N. P., Yahrif, M., Janna, M., & Ramadan, N. S. (2025). *Strategi Pembelajaran Mendalam*. Andi Kaharuddin.
- Suparlan, S. (2019). Teori konstruktivisme dalam pembelajaran. *Islamika*, 1(2), 79–88.
- Tall, D. (2008). The transition to formal thinking in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 20(2), 5–24.
- Thompson, P. W. (2020). Constructivism in mathematics education. In *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 127–134). Springer.
- Wibowo, S., Wangid, M. N., & Firdaus, F. M. (2025). The Relevance of Vygotsky's Constructivism Learning Theory with the Differentiated Learning Primary Schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 19(1), 431–440.
- Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., ... & Gašević, D. (2024). Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review. *British Journal of Educational Technology*, 55(1), 90–112.

