EduMathTec: Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran Matematika
Volume 3 (2) 1 – 15 November 2026

Pengembangan Media Pembelajaran Z-Tri untuk Mendukung Pemahaman Aturan Sinus dan Cosinus Siswa SMA

Anggar Titis Prayitno[1*], Wafa Siti Shofiyah[2], Anggun Setia[3], Tyas Nur Siti Fatimah[4]. Rahma Ahda Muna Azkiyah[5], Muhamad Reva Aliffiansyah[6]
[1,2,3,4,5,6] Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Kuningan, Kuningan, Indonesia
* Corresponding Author. E-mail: anggar.titis.prayitno@uniku.ac.id

Abstrak: Studi pendahuluan melalui wawancara guru menunjukkan bahwa aturan sinus dan cosinus sulit dipahami karena konsepnya abstrak, sehingga peserta didik kesulitan menerapkannya pada masalah kontekstual. Penelitian ini bertujuan mengetahui validitas media dan peningkatan pemahaman setelah penggunaan media alat peraga fisik Z-Tri pada materi aturan sinus dan cosinus. Penelitian menggunakan metode penelitian dan pengembangan model ADDIE (analisis, desain, pengembangan, implementasi, evaluasi). Pada tahap implementasi, media diuji dengan one-group pretest-posttest design pada 25 peserta didik kelas XI MIPA 1 SMA Negeri 1 Jalaksana yang dipilih secara purposif. Data dikumpulkan melalui validasi satu ahli materi yang juga menelaah aspek media dengan skala Likert 1–5 serta tes esai pretest dan posttest, lalu dianalisis menggunakan Gain Ternormalisasi. Media Z-Tri memperoleh tingkat kevalidan 84,91 persen (sangat valid). Rata-rata Gain Ternormalisasi sebesar 0,648 (kategori sedang), dengan skor total meningkat dari 6 pada pretest menjadi 164 pada posttest dari skor maksimum 250. Karena menggunakan satu kelompok tanpa pembanding, hasil ini bersifat awal dan belum menunjukkan efek kausal. Dengan demikian, Z-Tri sangat valid menurut ahli materi dan menunjukkan peningkatan pemahaman kategori sedang, sehingga layak digunakan sebagai alternatif media pembelajaran aturan sinus dan cosinus.

Kata Kunci: Media Pembelajaran; Trigonometri; Aturan Sinus dan Cosinus; Peningkatan Pemahaman

Abstract: A preliminary study through teacher interviews showed that the sine and cosine rules are difficult for students because the concepts are abstract, making contextual problems hard to solve. This study aimed to determine the validity of Z-Tri, a physical teaching aid, and the improvement in students' understanding after using it. It used research and development with the ADDIE model. In the implementation stage, a one-group pretest-posttest design was applied to 25 Grade XI MIPA 1 students at SMA Negeri 1 Jalaksana, selected purposively. Data were collected through validation by one material expert who also reviewed the media aspects with a 1-5 Likert scale and essay pretests and posttests, and analyzed using Normalized Gain. Z-Tri achieved a validity level of 84.91 percent (very valid). The average Normalized Gain was 0.648 (moderate), with total scores rising from 6 at the pretest to 164 at the posttest, out of a maximum of 250. Because there was no comparison group, these results are preliminary and do not indicate a causal effect. Thus, Z-Tri was very valid according to a material expert and showed a moderate improvement in understanding, making it suitable as an alternative learning medium for the sine and cosine rules.

Keywords: Learning Media; Trigonometry; Sine and Cosine Rule; Improvement in Understanding

Received: 20 Oktober 2026 ; **Accepted: 27 Oktober 2026** ; **Published: 5 November 2026**

Citation: Prayitno, A.T., Shofiyah, W.S., Setia, A., Fatimah, T.N.S., Azkiyah, R.A.M., & Aliffiansyah, M.R. (2026). Pengembangan Media Pembelajaran Z-Tri untuk Mendukung Pemahaman Aturan Sinus dan Cosinus Siswa SMA. *EcuMathTec : Jurnal Pendidikan dan Teknologi Pembelajaran Matematika*, *3*(2), 1 – 15. https://doi.org/xxxxxx.

Published by Magister Pendidikan Matematika Universitas Terbuka. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan salah satu aspek fundamental dalam kehidupan manusia yang berperan penting dalam membentuk sumber daya manusia yang berkualitas, berpikir kritis, dan mampu bersaing di era globalisasi (Hajmási et al., 2025; Samsuri et al., 2024). Melalui pendidikan seseorang tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga keterampilan dan sikap yang diperlukan untuk menghadapi berbagai tantangan kehidupan (Isaksen et al., 2025; Nasheeda et al., 2019). Salah satu komponen utama dalam pendidikan adalah pembelajaran, yaitu proses interaksi antara pendidik, peserta didik, dan sumber belajar yang berlangsung dalam suatu lingkungan belajar untuk mencapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan. Keberhasilan proses pembelajaran sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari metode yang digunakan, kondisi lingkungan belajar, karakteristik peserta didik, hingga ketersediaan sarana pendukung (Li & Xue, 2023; Nasheeda et al., 2019). Pembelajaran yang efektif tidak hanya menekankan pada penyampaian materi secara satu arah, tetapi juga pada bagaimana peserta didik dapat terlibat secara aktif sehingga pemahaman yang diperoleh lebih bermakna dan bertahan lama (Zetriuslita et al., 2025).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat turut mendorong terjadinya transformasi dalam dunia pendidikan, khususnya dalam penyediaan media pembelajaran (Mena-Guacas et al., 2025; Mukul & Büyüközkan, 2023). Kehadiran teknologi memberikan peluang bagi pendidik untuk mengembangkan berbagai bentuk media, baik yang berbasis digital maupun non-digital, yang dirancang untuk menjembatani penyampaian materi yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami (Mayer, 2024; Vijayatheepan, 2025). Pemanfaatan media pembelajaran yang tepat guna menjadi salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional yang cenderung monoton dan kurang melibatkan peserta didik secara aktif.

Menurut Halawa et al. (2025), pemahaman matematis merupakan kemampuan yang penting dalam pembelajaran matematika karena berkaitan dengan aktivitas berpikir logis, kritis, dan kreatif. Pemahaman matematis mendorong siswa untuk melakukan analisis, evaluasi, dan refleksi terhadap materi yang dipelajari. Kemampuan tersebut berkembang melalui interaksi antara pemikiran rasional dan logika yang menjadi bagian penting dalam proses belajar matematika. Selain itu, pemahaman konsep matematis memiliki peran penting dalam membantu siswa menyelesaikan permasalahan matematika. Siswa perlu memahami proses pembentukan suatu konsep dan terlibat secara aktif dalam pembelajaran agar konsep yang dipelajari dapat dipahami secara lebih mendalam. Matematika membekali kemampuan berhitung, menjadi prasyarat bagi mata pelajaran lain, menyederhanakan perhitungan yang praktis, serta membentuk pola pikir yang logis, kritis, tekun, dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan persoalan (Rachmaningtyas et al., 2022; Wang & Abdullah, 2024). Dengan demikian, penguasaan konsep matematika yang kuat sejak dini menjadi bekal penting bagi peserta didik dalam menghadapi persoalan-persoalan, baik yang bersifat akademik maupun kontekstual dalam kehidupan sehari-hari.

Meskipun memiliki peran yang penting, pembelajaran matematika sering kali dianggap sulit oleh peserta didik karena sifatnya yang abstrak dan menuntut kemampuan berpikir logis serta pemahaman konsep yang berjenjang (Verschaffel et al., 2020). Kondisi ini menuntut adanya media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep abstrak tersebut ke dalam bentuk yang lebih konkret (Medina Herrera et al., 2024; Rif'at et al., 2024). Tanpa dukungan media, proses pembelajaran matematika berisiko berjalan monoton dan sulit mencapai hasil optimal, terutama pada materi-materi yang menuntut pemahaman ruang, hubungan antar unsur, maupun visualisasi bentuk geometris, sebagaimana halnya pada materi trigonometri.

Pada materi aturan sinus dan aturan cosinus, kebutuhan terhadap representasi visual menjadi semakin penting karena konsep yang dipelajari tidak hanya berkaitan dengan nilai suatu sudut, tetapi juga hubungan antara sudut dan panjang sisi dalam segitiga sembarang. Peserta didik perlu memahami korespondensi antara sudut dengan sisi yang berhadapan, menentukan pasangan sisi dan sudut yang sesuai, serta memilih aturan yang

tepat berdasarkan informasi yang tersedia. Kesulitan dapat muncul ketika peserta didik hanya menerima rumus dalam bentuk simbolik tanpa memperoleh representasi geometris yang memperlihatkan hubungan antarunsur segitiga secara langsung. Dalam kondisi tersebut, aturan sinus dan aturan cosinus berisiko dipahami sebagai prosedur perhitungan yang harus dihafalkan, bukan sebagai hubungan matematis yang memiliki makna geometris. Oleh karena itu, representasi visual yang memperlihatkan perubahan sudut dan sisi secara bersamaan dapat membantu peserta didik menghubungkan objek geometris dengan model matematis yang digunakan.

Selain representasi visual, karakteristik materi tersebut juga memberikan alasan untuk menggunakan media yang bersifat manipulatif. Manipulasi terhadap bentuk segitiga memungkinkan peserta didik mengubah posisi, besar sudut, atau panjang sisi kemudian mengamati konsekuensi perubahan tersebut terhadap unsur segitiga lainnya. Pengalaman ini dapat membantu peserta didik membangun hubungan antara objek yang diamati, hasil pengukuran, dan simbol matematika yang digunakan dalam aturan sinus dan aturan cosinus. Dengan demikian, media manipulatif tidak hanya berfungsi untuk membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi dapat menjadi perantara dalam proses transisi dari pengalaman konkret menuju representasi matematis. Dalam pembelajaran aturan sinus dan cosinus menggunakan media pembelajaran Z-Tri, singkatan dari Zona Trigonometri, peserta didik bisa memulai dengan memanipulasi besar sudut pada model segitiga dan mengamati perubahan geometris yang terjadi. Pengamatan tersebut membantu memahami hubungan antara besar sudut dan panjang sisi segitiga. Selanjutnya, peserta didik menghubungkan informasi geometris dengan representasi simbolik berupa rumus aturan sinus dan cosinus untuk menentukan besaran yang belum diketahui. Maka dari itu, Z-Tri dirancang untuk menghubungkan manipulasi geometris, pemahaman relasi sisi-sudut, serta penerapan rumus trigonometri dalam suatu proses pembelajaran yang berkesinambungan. Secara ringkas, kerangka konseptual Z-Tri bertolak dari manipulasi fisik pada model segitiga sebagai mode enaktif, yang menghasilkan representasi visual berupa perubahan sudut dan sisi yang dapat diamati serta diukur sebagai mode ikonik. Representasi visual tersebut diharapkan membantu peserta didik memahami relasi antara sisi dan sudut (Medina Herrera et al., 2024), yang selanjutnya diformalkan dalam representasi simbolik berupa model matematika sehingga mendukung penerapan aturan sinus dan cosinus. Peran media manipulatif sebagai perantara transisi dari pengalaman konkret ke representasi matematis sejalan dengan teori perkembangan kognitif (Bruner, 1966), yang membedakan tiga mode representasi: *enaktif*, yaitu melalui tindakan atau manipulasi benda; *ikonik*, melalui gambar atau model visual; dan *simbolik*, melalui bahasa dan simbol matematika. Menurut Bruner, pemahaman konsep matematika yang bermakna dibangun secara bertahap melalui ketiga mode tersebut, sehingga manipulasi benda konkret menjadi titik awal yang menjembatani menuju simbol abstrak. Karakteristik inilah yang menjadi dasar penting dalam pengembangan media Z-Tri, karena media dirancang agar peserta didik dapat berinteraksi secara langsung dengan representasi segitiga sebelum menerapkan aturan sinus dan aturan cosinus dalam penyelesaian masalah.

Media pembelajaran secara umum dipahami sebagai segala bentuk yang digunakan untuk menyampaikan pesan dari sumber kepada penerima pesan, sehingga dapat merangsang perhatian, minat, serta pemahaman peserta didik terhadap materi yang disampaikan (Sumantri & Rachmadtullah, 2016). Keberadaan media pembelajaran berfungsi memudahkan interaksi antara pendidik dan peserta didik dalam kegiatan belajar, sehingga proses penyampaian materi menjadi lebih maksimal dan tidak semata-mata bergantung pada penjelasan lisan. Media pembelajaran yang baik idealnya dirancang secara sederhana, interaktif, dan sesuai dengan kebutuhan serta karakteristik peserta didik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara efektif (Mayer, 2024).

Berangkat dari kebutuhan tersebut, media pembelajaran Z-Tri dikembangkan berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang dilakukan di SMA Negeri 1 Jalaksana. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan 2 orang guru matematika untuk memperoleh informasi mengenai kesulitan yang dialami peserta didik dalam pembelajaran

matematika. Hasil wawancara tersebut menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi trigonometri, khususnya dalam menentukan panjang sisi dan besar sudut yang berhadapan, memilih aturan sinus atau cosinus yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan, serta menerapkan konsep trigonometri dalam menyelesaikan soal kontekstual. Pembelajaran selama ini masih didominasi oleh penjelasan materi oleh guru dan latihan soal, sehingga siswa cenderung berfokus pada penggunaan rumus tanpa memahami konsep dan alasan di balik pemilihan rumus tersebut. Temuan inilah yang menjadi dasar pengembangan Z-Tri sebagai alat peraga yang mengintegrasikan manipulasi geometris pada model segitiga, pengamatan besar sudut, dan penerapan aturan sinus dan cosinus, dilengkapi dengan latihan soal kontekstual, sehingga diharapkan dapat menjawab kebutuhan pembelajaran yang lebih konkret dan interaktif di sekolah tersebut.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa media dan desain pembelajaran yang tepat berpotensi mendukung pemahaman siswa pada materi aturan sinus dan cosinus. Ambarwati et al. (2022) mengembangkan media flipbook berbasis masalah dan melaporkan bahwa media tersebut valid, praktis, serta meningkatkan hasil belajar siswa dengan N-Gain kategori sedang. Ardianti et al. (2020) mengembangkan media berbasis telepon pintar dengan pendekatan Tri-N, dan hasil validasi ahli media, ahli materi, serta pengguna berada pada kategori baik hingga sangat baik. Sementara itu, Nadiana et al. (2020) menyusun lintasan belajar dengan pendekatan PMRI. Dalam lintasan tersebut, segitiga digunakan sebagai konteks awal melalui eksplorasi garis tinggi pada segitiga lancip dan tumpul, sehingga siswa kelas X dapat menemukan sendiri kedua rumus tersebut.

Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya mengembangkan media digital atau perangkat berbasis lembar kerja. Di sisi lain, tinjauan meta-analitik atas studi eksperimen dan kuasi-eksperimen menunjukkan bahwa penggunaan materi pembelajaran, baik fisik maupun digital, berdampak positif pada capaian matematika dengan ukuran efek sedang (Danişman et al., 2026). Pada materi aturan sinus dan cosinus, pemahaman menuntut siswa menghubungkan konfigurasi geometris segitiga dengan representasi simbolik berupa rumus, tetapi penelitian terdahulu belum banyak menjelaskan bagaimana aktivitas manipulasi fisik membantu siswa beralih dari representasi geometris ke representasi simbolik pada materi ini. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan Z-Tri, alat peraga fisik yang mengintegrasikan manipulasi segitiga, pengukuran sudut, dan penerapan aturan sinus dan cosinus dalam satu alur belajar, menggunakan model ADDIE.

Media yang dikembangkan pada sebagian penelitian tersebut, yaitu flipbook dan media berbasis smart phone (Ambarwati et al., 2022; Ardianti et al., 2020), umumnya mengandalkan penyajian visual dan aktivitas membaca materi, sehingga keterlibatan peserta didik dalam aktivitas manipulatif langsung terhadap objek pembelajaran relatif terbatas. Berbeda dengan hal tersebut, media Z-Tri yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang sebagai alat peraga fisik yang memungkinkan peserta didik untuk secara langsung mengubah besar sudut segitiga, mengukur menggunakan busur derajat, serta mengaitkan hasil pengukuran tersebut dengan penerapan aturan sinus dan cosinus melalui aktivitas yang bersifat kinestetik dan kontekstual. Penelitian-penelitian terdahulu belum banyak mengembangkan media pembelajaran aturan sinus dan cosinus yang bersifat manipulatif fisik dan melibatkan interaksi kinestetik peserta didik secara langsung. Kontribusi penelitian ini adalah rancangan media manipulatif yang mengintegrasikan tiga mode representasi Bruner dalam satu alur: mode enaktif melalui manipulasi sudut dan sisi segitiga, mode ikonik melalui pembacaan sudut dan nilai trigonometri pada busur derajat dan lingkaran sinus-cosinus, serta mode simbolik melalui penulisan model matematika pada kotak interaktif, disertai bukti awal kelayakan dan peningkatan pemahaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui validitas media Z-Tri berdasarkan penilaian ahli dan mendeskripsikan peningkatan pemahaman siswa pada uji coba terbatas. Untuk mencapai tujuan penelitian, digunakan pendekatan penelitian dan pengembangan atau R&D dengan model ADDIE yang meliputi lima tahapan, yaitu Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Penerapan setiap tahapan dijelaskan pada bagian metode penelitian.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE, yaitu Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate untuk pengembangan, sedangkan peningkatan pemahamannya diuji dengan one-group pretest-posttest design. Model ADDIE diterapkan untuk membangun kinerja dasar dalam pembelajaran, yakni mengembangkan sebuah desain produk pembelajaran, dan merupakan desain instruksional yang berpusat pada pembelajaran individu, memiliki fase langsung dan jangka panjang, sistematis, serta menggunakan pendekatan sistem terhadap pengetahuan dan pembelajaran manusia (Lu & Sides, 2022). Pada tahap implementasi, pengujian media yang berupa alat peraga fisik Z-Tri dilakukan dengan desain satu kelompok, yaitu tes yang dilakukan sebelum dan sesudah penggunaan media kepada kelompok objek untuk mengetahui perubahan hasil setelah penggunaannya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2026 di SMA Negeri 1 Jalaksana. Sekolah ini dipilih dengan sengaja setelah guru mata pelajaran matematika memaparkan kesulitan yang dialami peserta didiknya dalam memahami aturan sinus dan aturan cosinus. Rancangan penelitian mengikuti lima tahap ADDIE secara berurutan, yaitu analisis kebutuhan, perancangan desain produk, pengembangan produk fisik, implementasi produk kepada peserta didik menggunakan desain satu kelompok pretest-posttest, dan evaluasi terhadap hasil validasi maupun hasil implementasi. Penelitian dilaksanakan dalam dua fase, yaitu fase pengembangan, mulai tahap Analyze sampai Develop termasuk validasi ahli, dan fase uji coba terbatas, yaitu tahap Implement dan Evaluate, dengan desain satu kelompok untuk memperoleh bukti awal peningkatan pemahaman, bukan untuk menguji efek kausal.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah 25 peserta didik kelas XI MIPA 1 SMA Negeri 1 Jalaksana. Uji coba produk dilakukan secara terbatas dan hanya melibatkan satu kelas sebagai kelas uji coba. Pemilihan subjek dilakukan secara purposive sampling karena pertimbangan bahwa kelas tersebut memiliki kemampuan akademik yang beragam serta berdasarkan rekomendasi guru mata pelajaran matematika sebagai informan awal penelitian.

Instrumen

Instrumen penelitian yang digunakan dirancang untuk mengukur kualitas produk dan peningkatan pemahaman peserta didik setelah penggunaan media. Instrumen yang digunakan terdiri atas lembar validasi ahli materi dan tes hasil belajar berbentuk esai yang diberikan pada saat pretest dan posttest. Validasi dilakukan oleh satu orang ahli materi yang merupakan dosen pendidikan matematika dan juga menelaah aspek media. Lembar validasi ahli materi disusun berdasarkan lima aspek penilaian dengan indikator sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Tes esai terdiri atas dua soal, yaitu satu soal penerapan aturan sinus dan satu soal penerapan aturan cosinus, yang disiapkan oleh peneliti. Tes diberikan sebelum dan sesudah pembelajaran dengan skor maksimum 10 per peserta didik. Tes tersebut belum diuji validitas dan reliabilitasnya. Pemahaman dalam penelitian ini dioperasionalkan sebagai kemampuan menerapkan aturan sinus dan cosinus pada soal kontekstual.

Tabel 1. *Aspek dan Indikator Lembar Validasi Ahli Materi*

Aspek Penilaian	Indikator
Tampilan dan Penyajian Materi	Kesesuaian desain visual, warna, dan tata letak media dengan karakteristik peserta didik
Teknis dan Keterpakaian	Kemudahan pengoperasian, kekuatan bahan, dan keamanan penggunaan media

Aspek Penilaian	Indikator
Interaktivitas dan Pembelajaran	Kemampuan media memfasilitasi keterlibatan aktif peserta didik dalam pembelajaran
Kesesuaian Materi Matematika	Ketepatan konsep aturan sinus dan aturan cosinus yang disajikan pada media
Kreativitas dan Inovasi	Orisinalitas ide dan kebaruan rancangan media dibandingkan media sejenis

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap Analyze, yaitu mengidentifikasi kesulitan belajar peserta didik dan kebutuhan media melalui wawancara dengan dua guru matematika di SMA Negeri 1 Jalaksana. Selanjutnya, pada tahap Design, peneliti merancang konsep papan peraga bertema "layang-layang", tata letak banner, mekanisme tali dan magnet, serta menyusun instrumen penelitian berupa lembar validasi dan soal pretest-posttest. Tahap Develop dilaksanakan dengan merealisasikan rancangan menjadi produk fisik melalui persiapan alat dan bahan, pemasangan banner, pembuatan model segitiga dari tali yang dapat diubah sudutnya, serta validasi produk oleh 1 ahli materi disertai revisi berdasarkan saran validator. Pada tahap Implement, pretest diberikan oleh guru kelas pada pertemuan sebelum uji coba. Pada pertemuan uji coba yang berlangsung selama dua jam pelajaran, media digunakan langsung oleh peneliti dalam pembelajaran di kelas dengan peserta didik bekerja secara individu, kemudian diberikan posttest setelah pembelajaran menggunakan media. Tahap terakhir, Evaluate, dilakukan dengan menganalisis hasil pretest dan posttest untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta didik.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi dua cara. Teknik pertama adalah validasi ahli materi, yang dilakukan untuk menilai kelayakan media Z-Tri dari aspek tampilan, teknis, interaktivitas, kesesuaian materi, serta kreativitas sebelum media diujicobakan kepada peserta didik. Teknik kedua adalah tes tertulis berbentuk esai yang diberikan pada saat pretest dan posttest, digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta didik dalam menerapkan aturan sinus dan aturan cosinus. Dengan kedua teknik ini, peneliti memperoleh data mengenai kevalidan produk dan capaian kognitif peserta didik.

Analisis Data

Data hasil validasi ahli materi dianalisis dengan menghitung persentase skor yang diperoleh terhadap skor maksimal menggunakan kriteria penilaian dengan skala lima tingkat, dari Sangat Baik bernilai 5 sampai Sangat Tidak Baik bernilai 1. Persentase kevalidan dihitung dengan rumus: nilai = (skor yang diperoleh / skor maksimal) x 100%. Pencapaian skor kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori validitas sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Kualifikasi tingkat kevalidan media*

Tingkat Pencapaian (%)	Kategori Validitas	Keterangan
81 – 100	Sangat Valid	Tidak Ada Revisi
61 – 80	Valid	Revisi Kecil
41 – 60	Cukup Valid	Revisi Sedang
21 – 40	Kurang Valid	Revisi Besar
0 – 20	Sangat Kurang Valid	Tidak Dapat Digunakan

Peningkatan pemahaman peserta didik dianalisis menggunakan uji Gain Ternormalisasi (Normalized Gain), yang selanjutnya dalam artikel ini disingkat N-Gain. N-gain merupakan perbandingan antara rata-rata gain yang diperoleh dengan rata-rata gain maksimum yang mungkin dicapai, dengan gain dihitung dari selisih skor posttest dan skor pretest. Persamaan N-gain rata-rata yang diperkenalkan oleh Hake (1998), adalah sebagai berikut.

$$\langle g \rangle = \frac{\%\langle G \rangle}{\%\langle G \rangle_{max}} = \frac{(\%\langle S_f \rangle - \%\langle S_i \rangle)}{(100 - \%\langle S_i \rangle)}$$

Keterangan:

$\langle g \rangle$: *Average normalized* gain

$\langle G \rangle$: Rata-rata gain yang diperoleh

$\langle G \rangle_{max}$: Rata-rata gain maksimum yang mungkin

$\langle S_f \rangle$: Rata-rata posttest

$\langle S_i \rangle$: Rata-rata pretest

Hasil perhitungan kemudian diinterpretasikan mengacu pada kategori pada Tabel 3. Karena desain penelitian tidak menyertakan kelompok pembanding, nilai N-Gain dimaknai sebagai indikasi awal peningkatan pemahaman, bukan bukti efek kausal media.

Tabel 3. *Kriteria N-Gain*

Kriteria	Skor
Tinggi	$\langle g \rangle \geq 0{,}7$
Sedang	$0{,}3 \leq \langle g \rangle < 0{,}7$
Rendah	$\langle g \rangle < 0{,}3$

HASIL

Tahap Analyze

Tahap analisis dilakukan melalui wawancara dengan dua guru matematika SMA Negeri 1 Jalaksana untuk mengidentifikasi kesulitan belajar peserta didik dan kebutuhan media pada materi aturan sinus dan aturan cosinus. Hasil wawancara menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam menentukan panjang sisi dan besar sudut yang berhadapan, memilih aturan sinus atau cosinus yang tepat, serta menerapkan konsep trigonometri pada soal kontekstual. Pembelajaran selama ini masih didominasi oleh penjelasan materi oleh guru dan latihan soal, sehingga siswa cenderung berfokus pada penggunaan rumus tanpa memahami konsep. Berdasarkan temuan tersebut, peneliti menyimpulkan perlunya media yang dapat memperlihatkan hubungan antara sudut dan sisi segitiga secara konkret, memberi kesempatan kepada peserta didik untuk memanipulasi unsur segitiga secara langsung, serta menyediakan latihan soal kontekstual. Kebutuhan ini menjadi dasar perancangan media Z-Tri pada tahap berikutnya.

Tahap Design

Pada tahap Design, peneliti menerjemahkan temuan analisis kebutuhan ke dalam rancangan media. Rancangan tersebut meliputi konsep papan peraga bertema "layang-layang", dengan dua titik pengamat di tanah dan satu titik layang-layang di udara yang bersama-sama membentuk segitiga sembarang; tata letak banner yang memuat identitas produk, lingkaran sinus-cosinus, ilustrasi rumus perbandingan trigonometri, serta latar bertema alam sebagai konteks cerita (Gambar 1); mekanisme tali dan magnet agar sudut

dan sisi segitiga dapat diubah; serta komponen pendukung berupa busur derajat, kotak interaktif untuk menuliskan model matematika dan langkah perhitungan, dan bank soal kontekstual. Alur penggunaan media dirancang mengikuti tiga mode representasi Bruner sebagaimana diuraikan pada bagian Pendahuluan. Pada tahap ini peneliti juga menyusun instrumen penelitian berupa lembar validasi dan soal pretest-posttest.



Gambar 1. *Desain banner media pembelajaran Z-Tri*

Gambar 1 menampilkan desain banner media Z-Tri yang memuat identitas produk, ilustrasi lingkaran sinus-cosinus, ilustrasi rumus perbandingan trigonometri, serta latar bertema alam berupa gunung, pohon, dan rumah yang menjadi konteks cerita layang-layang dalam media ini.

Tahap Develop

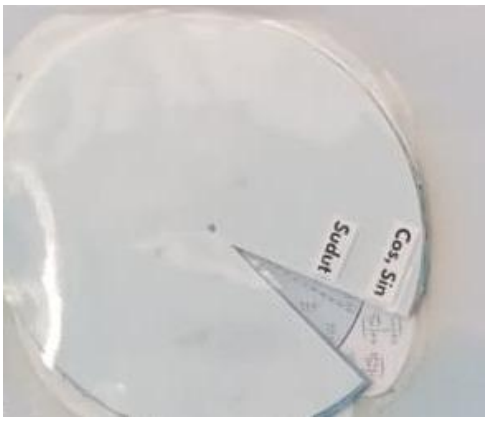
Pada tahap Develop, rancangan direalisasikan menjadi produk fisik melalui persiapan alat dan bahan, pemasangan banner, dan pembuatan model segitiga dari tali yang dapat diubah sudutnya. Produk yang telah selesai kemudian divalidasi oleh satu ahli materi yang juga memberikan masukan pada aspek media, dan direvisi berdasarkan saran validator. Wujud akhir produk dijelaskan berikut ini.

Produk akhir penelitian ini berupa alat peraga Z-Tri yang memvisualisasikan segitiga sembarang melalui papan bertema "layang-layang", dengan dua titik pengamat di tanah dan satu titik layang-layang di udara yang bersama-sama membentuk segitiga (Gambar 1). Media dilengkapi sistem tali dan magnet yang membuat sudut dan sisi segitiga dapat diubah-ubah secara fleksibel, busur derajat dan lingkaran sinus-cosinus untuk mengukur sudut dan mengambil nilai trigonometri, kotak-kotak interaktif untuk menuliskan model matematika dan langkah perhitungan, serta bank soal kontekstual berisi 10 soal bertema jarak dan sudut layang-layang.



Gambar 2. *Produk fisik media pembelajaran Z-Tri*

Gambar 2 menunjukkan wujud fisik media Z-Tri berukuran papan, yang terdiri atas dua busur derajat di bagian bawah sebagai titik pengamat di darat, seutas tali yang terhubung ke layang-layang di bagian tengah papan yang merepresentasikan titik ketiga segitiga, serta lingkaran sinus-cosinus di pojok kiri atas untuk membaca nilai trigonometri sudut yang terbentuk. Kode QR di pojok kanan disediakan sebagai tautan menuju petunjuk penggunaan/bank soal, dan label peringatan 'layang-layang digeser, jangan ditarik' berfungsi sebagai instruksi keselamatan penggunaan alat.



Gambar 3. *Mekanisme busur derajat dan lingkaran sinus-cosinus pada media Z-Tri*

Gambar 3 memperlihatkan detail mekanisme busur derajat yang dipadukan dengan lingkaran sinus-cosinus. Busur derajat digunakan peserta didik untuk mengukur besar sudut elevasi tali layang-layang, sedangkan lingkaran sinus-cosinus di baliknya berfungsi mengonversi sudut yang terukur menjadi nilai sinus dan cosinus, sehingga peserta didik dapat langsung menggunakan nilai tersebut dalam perhitungan aturan sinus dan aturan cosinus tanpa membuka tabel trigonometri terpisah.

Media yang telah selesai dikembangkan divalidasi oleh ahli materi untuk memperoleh masukan mengenai kelayakan produk. Rekapitulasi hasil validasi ahli materi pada lima aspek penilaian disajikan pada Tabel 4. Hasil validasi menunjukkan bahwa media Z-Tri memperoleh persentase kevalidan rata-rata sebesar 84,91% dengan kategori sangat valid.

Tabel 4. *Hasil validasi ahli materi*

Aspek yang Dinilai	Skor (%)	Kategori
Tampilan dan Penyajian Materi	88,57	Sangat Valid
Teknis dan Keterpakaian	88	Sangat Valid
Interaktivitas dan Pembelajaran	76	Valid
Kesesuaian Materi Matematika	92	Sangat Valid
Kreativitas dan Inovasi	80	Valid
Rata-rata	84,91	Sangat Valid

Catatan. Skor pada aspek Tampilan dan Penyajian Materi serta aspek Teknis dan Keterpakaian merupakan penilaian dari satu ahli materi.

Selain memberikan skor penilaian, ahli materi mengajukan lima saran perbaikan yang seluruhnya ditindaklanjuti melalui revisi produk. Revisi tersebut mencakup pembedaan warna nilai sinus dan cosinus pada setiap kuadran, penambahan aturan cosinus pada papan media, serta penambahan kertas kosong untuk menuliskan panjang setiap sisi. Selain itu, dibuat kotak penampung di bawah magnet sebagai antisipasi apabila magnet terlepas, dan kunci jawaban dipindahkan ke kotak baru.

Tahap Implement

Uji coba terbatas dilaksanakan pada 25 peserta didik kelas XI MIPA 1 SMA Negeri 1 Jalaksana dalam satu pertemuan selama dua jam pelajaran. Pretest diberikan oleh guru kelas pada pertemuan sebelum uji coba. Pada pertemuan uji coba, Z-Tri digunakan langsung oleh peneliti dalam pembelajaran di kelas dengan peserta didik bekerja secara individu. Alur penggunaan Z-Tri yang dirancang untuk pembelajaran meliputi memanipulasi sudut dan sisi segitiga, mengukur sudut dan mengambil nilai trigonometri, menuliskan model matematika dan langkah perhitungan, serta berlatih dengan bank soal kontekstual. Posttest diberikan setelah pembelajaran menggunakan media.

Untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta didik setelah menggunakan media pembelajaran yang dikembangkan, dilakukan pretest dan posttest yang masing-masing terdiri atas dua soal esai, dengan skor maksimum 10 per peserta didik atau total 250 untuk 25 peserta didik.

Tahap Evaluate

Evaluasi dalam penelitian ini dilakukan terhadap dua hal. Pertama, evaluasi hasil validasi, yaitu media memperoleh kategori sangat valid (84,91%) dengan seluruh aspek berada pada kategori valid atau sangat valid, serta saran validator telah ditindaklanjuti melalui revisi produk (Tabel 4). Kedua, evaluasi hasil implementasi, yaitu peningkatan pemahaman peserta didik berdasarkan hasil pretest dan posttest yang dianalisis menggunakan N-Gain.

Berdasarkan data hasil tes seluruh peserta didik, diperoleh skor total pretest sebesar 6 dan skor total posttest sebesar 164 dari skor maksimum 250, dengan N-Gain sebesar 0,648 yang termasuk dalam kategori sedang. Sebagai pembanding, rata-rata N-Gain individu sebesar 0,644 yang juga termasuk kategori sedang. Sebanyak 8 peserta didik memperoleh kategori N-Gain tinggi, 16 peserta didik memperoleh kategori sedang, dan 1 peserta didik memperoleh kategori rendah.

Secara deskriptif, skor pretest peserta didik memiliki rata-rata 0,24 (SD = 0,60) dari skor maksimum 10 per peserta didik, sedangkan skor posttest memiliki rata-rata 6,56 (SD = 2,36). Peningkatan rata-rata skor serta simpangan baku yang lebih besar pada posttest mengindikasikan adanya variasi capaian antarpeserta didik setelah penggunaan media, sebagaimana tercermin pada distribusi kategori N-Gain. Ringkasan skor pretest, posttest, dan rata-rata N-Gain disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Ringkasan skor pretest, posttest, dan N-Gain*

Tipe Tes	Skor	Skor Maksimum	Mean (per siswa)	SD
Pretest	6	250	0,24	0,60
Posttest	164	250	6,56	2,36
N-Gain rata-rata	-	–	0,648 (sedang)	

Catatan. N-Gain rata-rata pada Tabel 5 dihitung dari rata-rata skor pretest dan posttest (Hake, 1998), sedangkan rata-rata N-Gain individu sebesar 0,644 (kategori sedang).
Peningkatan skor rata-rata dari pretest ke posttest disertai dengan simpangan baku posttest yang lebih besar, yang mengindikasikan bahwa meskipun secara umum peserta didik mengalami peningkatan pemahaman, besarnya peningkatan tersebut bervariasi antar individu.

DISKUSI

Hasil validasi ahli materi menunjukkan bahwa media Z-Tri memperoleh kategori sangat valid secara keseluruhan dengan skor 84,91%. Tiga aspek berkategori sangat valid, sedangkan dua aspek lainnya berkategori valid, yaitu interaktivitas dan pembelajaran sebesar 76% serta kreativitas dan inovasi sebesar 80%. Skor tertinggi diperoleh pada aspek

kesesuaian materi matematika sebesar 92% dan skor terendah pada aspek interaktivitas dan pembelajaran. Skor tersebut mengindikasikan bahwa dari sisi konten, menurut penilaian ahli materi, Z-Tri telah sesuai dengan kaidah keilmuan matematika, sementara aspek interaktivitas masih memiliki ruang untuk disempurnakan, misalnya dengan menambah variasi aktivitas manipulatif bagi peserta didik.

Skor aspek interaktivitas dan pembelajaran berada pada posisi terendah meskipun tetap berkategori valid, sehingga memberi sinyal awal yang relevan untuk menjelaskan peningkatan pemahaman yang berkategori sedang. Interaktivitas media berkaitan erat dengan sejauh mana peserta didik terlibat aktif dan memperoleh umpan balik langsung dari manipulasi yang dilakukan, sebagaimana ditekankan dalam prinsip interactivity pada teori multimedia learning (Fiorella & Mayer, 2016; Mayer, 2024). Skor yang relatif rendah ini mengindikasikan bahwa meskipun media telah memfasilitasi manipulasi fisik segitiga, variasi aktivitas dan umpan balik selama manipulasi masih dapat dikembangkan. Hal ini sejalan dengan N-Gain yang belum mencapai kategori tinggi, meskipun hubungan keduanya tidak diuji secara statistik dalam penelitian ini.

Peningkatan hasil belajar peserta didik dapat diinterpretasikan melalui teori Jerome S. Bruner, yang menyatakan bahwa belajar lebih efektif apabila peserta didik memperoleh pengalaman langsung melalui tahapan enaktif, ikonik, dan simbolik (Bruner, 1966). Secara teoretis, rancangan Z-Tri dapat dipandang memfasilitasi ketiga mode tersebut: peserta didik memanipulasi segitiga menggunakan tali dan magnet, mengamati perubahan sudut secara visual, lalu menerapkan aturan sinus atau cosinus untuk menyelesaikan soal. Pada tahap enaktif peserta didik memanipulasi objek, pada tahap ikonik memahami konsep melalui representasi visual, dan pada tahap simbolik menggunakan simbol atau rumus matematika. Temuan ini juga sejalan dengan *Cone of Experience* Edgar Dale, yang menyatakan bahwa pengalaman belajar yang melibatkan aktivitas langsung memberikan pemahaman lebih bermakna daripada pembelajaran yang hanya bersifat verbal atau membaca (Dale, 1969); dalam Z-Tri, peserta didik mengukur sudut, mengamati hubungan sisi dan sudut, serta menyelesaikan masalah kontekstual secara aktif, serta dengan teori belajar bermakna Ausubel, yang menekankan keterkaitan informasi baru dengan struktur pengetahuan yang telah dimiliki peserta didik (Bryce & Blown, 2024). Melalui Z-Tri, peserta didik tidak hanya menghafal rumus, tetapi mengaitkannya dengan representasi segitiga dan permasalahan kontekstual yang diamati secara langsung. Namun, perpindahan antarmode representasi tidak diukur secara langsung sehingga penjelasan ini bersifat interpretatif. Pencapaian N-Gain kategori sedang, bukan tinggi, juga dapat dikaitkan dengan implementasi yang hanya satu pertemuan, padahal perpindahan dari tahap enaktif ke simbolik idealnya membutuhkan pengulangan dan variasi pengalaman (Ebner et al., 2025; Milton et al., 2023); peserta didik kemungkinan baru mencapai pemahaman awal pada tahap ikonik menuju simbolik, belum sepenuhnya konsisten menerapkan aturan secara mandiri pada berbagai variasi soal.

Penelitian flipbook berbasis masalah pada materi yang sama melaporkan N-Gain rata-rata 0,698 yang termasuk kategori sedang, relatif lebih tinggi daripada Z-Tri sebesar 0,648, padahal flipbook bersifat digital dan cenderung satu arah, sedangkan Z-Tri bersifat manipulatif fisik dan melibatkan aktivitas kinestetik. Secara teoretis, media manipulatif fisik semestinya unggul pada pengalaman langsung sebagaimana ditekankan dalam *Cone of Experience* Dale (1969), tetapi kedua hasil berada pada kategori yang sama, sehingga faktor lain seperti durasi implementasi, jumlah pertemuan, atau karakteristik subjek kemungkinan turut berperan (Cao et al., 2025; Ruijia et al., 2025). Dibandingkan dengan learning trajectory berbasis PMRI, tempat peserta didik menemukan sendiri rumus melalui eksplorasi garis tinggi segitiga, pada Z-Tri peserta didik memanipulasi dan mengukur elemen segitiga secara langsung, tetapi rumus tetap diberikan, bukan ditemukan sendiri. Perbedaan ini berpotensi menjelaskan mengapa pendekatan penemuan dapat menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam, dan menjadi arah pengembangan yang relevan untuk penelitian selanjutnya.

Capaian antarpeserta didik memberikan gambaran yang lebih kaya. Sebanyak 23 dari 25 peserta didik memulai pretest dengan skor nol atau mendekati nol, mengindikasikan pemahaman awal yang sangat terbatas dan konsisten dengan permasalahan yang diidentifikasi pada analisis kebutuhan. Pada posttest, sejumlah peserta didik mencapai skor maksimum sehingga tergolong N-Gain tinggi, sedangkan satu peserta didik berkode SA hanya meningkat dari skor 1 menjadi 3 sehingga tergolong rendah. Variasi ini kemungkinan dipengaruhi oleh gaya belajar, kepercayaan diri dalam memanipulasi alat peraga, atau kecepatan berpindah dari tahap enaktif ke simbolik (Carr et al., 2025; Hu et al., 2024), tetapi faktor-faktor tersebut tidak diukur sehingga hanya merupakan dugaan. Hasil pada satu peserta didik tidak dapat digeneralisasikan, namun pendampingan yang lebih personal atau kesempatan berlatih ulang mungkin diperlukan bagi peserta didik dengan peningkatan terbatas.

Perlu dicermati pula bahwa desain penelitian yang digunakan, yaitu one-group pretest-posttest design tanpa kelompok kontrol pembanding, membawa sejumlah keterbatasan dalam menginterpretasikan hasil secara kausal (Bierer et al., 2025; Robertson et al., 2022). Tanpa kelompok kontrol, peningkatan skor dari pretest ke posttest tidak dapat sepenuhnya dipastikan disebabkan oleh penggunaan media Z-Tri semata, mengingat terdapat kemungkinan pengaruh dari faktor lain seperti efek pengulangan tes, di mana peserta didik menjadi lebih familiar dengan format dan tipe soal setelah mengerjakan pretest, terlepas dari intervensi media yang diberikan (Jendryczko et al., 2019; Scharfen et al., 2018). Selain itu, pelaksanaan penelitian dalam rentang waktu yang relatif singkat turut membatasi generalisasi temuan terhadap dampak media dalam jangka panjang. Keterbatasan ini bukan berarti mengurangi kebermanfaatan media Z-Tri sebagai alat peraga pembelajaran, namun perlu menjadi catatan bahwa klaim peningkatan pemahaman dalam penelitian ini bersifat awal dan memerlukan pengujian lebih lanjut dengan desain penelitian yang lebih kuat, seperti quasi-experimental design dengan kelompok kontrol, untuk memperoleh bukti efektivitas yang lebih meyakinkan.

Secara praktis, temuan ini mengindikasikan bahwa alat peraga fisik manipulatif seperti Z-Tri dapat menjadi alternatif strategi bagi guru matematika SMA pada materi aturan sinus dan cosinus, khususnya untuk mengatasi kesulitan memahami konsep yang abstrak. Mengingat variasi capaian antarpeserta didik dan durasi implementasi yang terbatas, penggunaan media idealnya tidak dibatasi pada satu pertemuan, melainkan diintegrasikan dalam beberapa sesi dengan variasi soal latihan yang lebih banyak. Alur penggunaan Z-Tri, yaitu memanipulasi sudut dan sisi segitiga, mengukur sudut dan mengambil nilai trigonometri, menuliskan model matematika, serta berlatih dengan bank soal kontekstual, dapat menjadi panduan awal bagi guru setelah konsep aturan sinus dan cosinus dikenalkan, sebagai sarana peserta didik memanipulasi, mengukur, dan menerapkan konsep pada soal kontekstual. Pada uji coba ini, penggunaan Z-Tri berlangsung satu pertemuan selama dua jam pelajaran dengan peserta didik bekerja secara individu. Jumlah dan durasi sesi yang optimal perlu diuji pada penelitian lanjutan. Secara teoretis, temuan ini memperkaya kajian mengenai media manipulatif fisik pada geometri dan trigonometri dengan menunjukkan bahwa aktivitas kinestetik berpotensi mendukung transisi dari pemahaman konkret ke abstrak, sejalan dengan Bruner, Dale, dan Ausubel, meskipun besarnya efek masih dipengaruhi durasi dan intensitas penggunaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan media pembelajaran Z-Tri pada materi aturan sinus dan aturan cosinus yang dikembangkan menggunakan model ADDIE. Berdasarkan hasil validasi ahli materi, Z-Tri memperoleh persentase kevalidan sebesar 84,91% dengan kategori sangat valid, sehingga dinilai layak digunakan dalam pembelajaran menurut satu ahli materi. Hasil analisis N-Gain menunjukkan nilai sebesar 0,648 yang berada pada kategori sedang, disertai peningkatan skor total peserta didik dari 6 pada pretest menjadi 164 pada posttest dari skor maksimum 250. Dengan demikian, Z-Tri memiliki validitas tinggi dan

penggunaannya diikuti peningkatan pemahaman dalam kategori sedang, sebagai alternatif media pembelajaran yang dapat membantu memvisualisasikan konsep trigonometri yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret dan interaktif.

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, yaitu jumlah subjek yang hanya melibatkan satu kelas sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas, desain penelitian yang tidak menyertakan kelompok kontrol, waktu implementasi yang relatif singkat yaitu satu pertemuan dengan dua jam pelajaran, pembelajaran dengan Z-Tri yang dilaksanakan oleh peneliti sendiri, validasi yang hanya dilakukan oleh satu validator ahli materi tanpa ahli media terpisah, serta jumlah soal tes yang terbatas, yaitu dua soal esai, yang disusun peneliti dan belum diuji validitas dan reliabilitasnya. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan media pada subjek yang lebih luas dengan desain penelitian yang menyertakan kelompok pembanding, serta mengembangkan fitur dan aktivitas pembelajaran yang lebih bervariasi agar peningkatan pemahaman dapat mencapai kategori tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak SMA Negeri 1 Jalaksana, khususnya guru mata pelajaran matematika pengampu kelas XI MIPA 1, atas izin dan kerja sama selama pelaksanaan penelitian; kepada ahli materi yang telah memberikan validasi dan masukan terhadap produk yang dikembangkan; serta kepada seluruh peserta didik kelas XI MIPA 1 yang telah berpartisipasi sebagai subjek uji coba dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarwati, E. Y., Darminto, B. P., & Nugraheni, P. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa. *JIPM; Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, *4*(2).

Ardianti, G. N., Harini, E., & Ayuningtyas, A. D. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Smartphone dengan Menerapkan Tri-N Pada Materi Aturan Sinus dan Cosinus. *UNION: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, *8*(1). https://doi.org/10.30738/union.v8i1.5217

Bierer, S. B., Beck Dallaghan, G., Borges, N. J., Brondfield, S., Fung, C. C., Huggett, K. N., Teal, C. R., Thammasitboon, S., & Colbert, C. Y. (2025). Moving Beyond Simplistic Research Design in Health Professions Education: What a One-Group Pretest-Posttest Design Will Not Prove. *MedEdPORTAL : The Journal of Teaching and Learning Resources*, *21*. https://doi.org/10.15766/mep_2374-8265.11527

Bruner, J. S. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Harvard University Press.

Bryce, T. G. K., & Blown, E. J. (2024). Ausubel's meaningful learning re-visited. *Current Psychology*, *43*(5). https://doi.org/10.1007/s12144-023-04440-4

Cao, X., Lu, H., Wu, Q., & Hsu, Y. (2025). Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students learning outcomes. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 16). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1579474

Carr, J. M., Schoephoerster, K., & Riegel, C. (2025). The impact of kinesthetic instructional strategies and manipulatives on fourth grader's self-efficacy and self-confidence toward multiplication. *Mathematical Thinking and Learning*, *27*(3). https://doi.org/10.1080/10986065.2024.2343036

Dale, E. (1969). *Audio-Visual Methods in Teaching* (3rd Edition). Dryden Press.

Danişman, Ş., Savaş, G., Bilgiç, E. N. Ü., & Arabacı, D. (2026). A meta-analysis of the effect of use of materials on mathematics achievement. In *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* (Vol. 22, Number 5). https://doi.org/10.29333/ejmste/18505

Ebner, S., MacDonald, M. K., Grekov, P., & Aspiranti, K. B. (2025). A Meta-Analytic Review of the Concrete-Representational-Abstract Math Approach. *Learning Disabilities Research and Practice*, *40*(1). https://doi.org/10.1177/09388982241292299

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. In *Educational Psychology Review* (Vol. 28, Number 4). https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9

Hajmási, K., Machová, R., Korcsmáros, E., & Fehér, L. (2025). Global Research Trends on the Relationship Between Critical Thinking and Tertiary Education: A Bibliometric Analysis from the Perspective of Countries with Varying Human Development Levels. *Administrative Sciences*, *15*(8). https://doi.org/10.3390/admsci15080296

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*(1). https://doi.org/10.1119/1.18809

Halawa, F., Telaumbanua, Y. N., Harefa, A. O., & Mendrofa, R. N. (2025). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Pada Pembelajaran Matematika. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, *5*(1). https://doi.org/10.51574/kognitif.v5i1.2625

Hu, J., Lai, Y., & Yi, X. (2024). Effectiveness of social media-assisted course on learning self-efficacy. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-60724-0

Isaksen, A. R., Mathé, N. E. H., Brevik, L. M., & Gudmundsdottir, G. B. (2025). Life skills education as a balancing act: Preparing students to handle life challenges in upper secondary English and social science classrooms. *Teaching and Teacher Education*, *159*. https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.104992

Jendryczko, D., Scharfen, J., & Holling, H. (2019). The impact of situational test anxiety on retest effects in cognitive ability testing: A structural equation modeling approach. *Journal of Intelligence*, *7*(4). https://doi.org/10.3390/jintelligence7040022

Li, J., & Xue, E. (2023). Dynamic Interaction between Student Learning Behaviour and Learning Environment: Meta-Analysis of Student Engagement and Its Influencing Factors. *Behavioral Sciences*, *13*(1). https://doi.org/10.3390/bs13010059

Lu, L., & Sides, M. L. C. (2022). Instructional Design for Effective Teaching: The Application of ADDIE Model in a College Reading Lesson. *Practitioner to Practitioner*, *11*(1).

Mayer, R. E. (2024). The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, *36*(1). https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1

Medina Herrera, L. M., Juárez Ordóñez, S., & Ruiz-Loza, S. (2024). Enhancing mathematical education with spatial visualization tools. *Frontiers in Education*, *9*. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1229126

Mena-Guacas, A. F., López-Catalán, L., Bernal-Bravo, C., & Ballesteros-Regaña, C. (2025). Educational Transformation Through Emerging Technologies: Critical Review of Scientific Impact on Learning. *Education Sciences*, *15*(3). https://doi.org/10.3390/educsci15030368

Milton, J. H., Flores, M. M., Hinton, V. M., Dunn, C., & Darch, C. B. (2023). Using the Concrete-Representational-Abstract Sequence to Teach Conceptual Understanding of Place Value, Rounding, and Expanded Notation. *Learning Disabilities Research and Practice*, *38*(1). https://doi.org/10.1111/ldrp.12299

Mukul, E., & Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation in education: A systematic review of education 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, *194*. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122664

Nadiana, P. S., Astawa, I. W. P., & Suharta, I. G. P. (2020). Desain Pembelajaran Aturan Sinus dan Cosinus dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, *14*.

Nasheeda, A., Abdullah, H. B., Krauss, S. E., & Ahmed, N. B. (2019). A narrative systematic review of life skills education: effectiveness, research gaps and priorities. In

International Journal of Adolescence and Youth (Vol. 24, Number 3). https://doi.org/10.1080/02673843.2018.1479278

Rachmaningtyas, N. A., Kartowagiran, B., Sugiman, Retnawati, H., & Hassan, A. (2022). Habituation of Mathematical Literacy Trained in Junior High School. *International Journal of Educational Methodology*, *8*(2). https://doi.org/10.12973/ijem.8.2.321

Rif'at, M., Sudiansyah, S., & Imama, K. (2024). Role of visual abilities in mathematics learning: An analysis of conceptual representation. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, *15*(1). https://doi.org/10.24042/ajpm.v15i1.22406

Robertson, M. C., Cox-Martin, E., Shegog, R., Markham, C. M., Fujimoto, K., Durand, C. P., Brewster, A., Lyons, E. J., Liao, Y., Flores, S. A., & Basen-Engquist, K. M. (2022). The Acceptability of an Electronically Delivered Acceptance- and Mindfulness-Based Physical Activity Intervention for Survivors of Breast Cancer: One-Group Pretest-Posttest Design. *JMIR Cancer*, *8*(2). https://doi.org/10.2196/31815

Ruijia, Z., Wenling, L., & Xuemei, Z. (2025). The impact of Information and Communication Technology (ICT) on learning outcomes in early childhood and primary education: a meta-analysis of moderating factors. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 16). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1540169

Samsuri, T., Atmadja, A. T., Tika, I. N., & Suastra, I. W. (2024). Human Resource Development: A Philosophy of Education Perspective. *Path of Science*, *10*(11). https://doi.org/10.22178/pos.111-6

Scharfen, J., Peters, J. M., & Holling, H. (2018). Retest effects in cognitive ability tests: A meta-analysis. *Intelligence*, *67*. https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.01.003

Sumantri, M. S., & Rachmadtullah, R. (2016). The effect of learning media and self regulation to elementary students' history learning outcome. *Advanced Science Letters*, *22*(12). https://doi.org/10.1166/asl.2016.8140

Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: a survey. *ZDM - Mathematics Education*, *52*(1). https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4

Vijayatheepan, Mr. R. (2025). Integrating Dale's Cone of Experience into Teaching Aids: Teachers' Reflections in Sri Lankan Schools. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, *IX*(IIIS). https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.903sedu0029

Wang, Q., & Abdullah, A. H. (2024). Enhancing Students' Critical Thinking Through Mathematics in Higher Education: A Systemic Review. In *SAGE Open* (Vol. 14, Number 3). https://doi.org/10.1177/21582440241275651

Zetriuslita, Z., Andrian, D., Suripah, S., Maimunah, M., Hidayat, R., & Dacara, E. (2025). The Effect of Realistic Mathematics Education Approach to Improve Students' Mathematics Learning Outcomes. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, *12*(1). https://doi.org/10.21831/jrpm.v12i1.76685