JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA
p-ISSN: 2797-6475, e-ISSN: 2797-6467
Volume 6, nomor 4, 2026, hal. 2834-2848
Doi: https://doi.org/10.53299/jagomipa.v6i4.5690

Analisis Pemahaman Konsep Trigonometri Siswa SMK Berdasarkan Tahap Perkembangan Kognitif Piaget

Azmi Muzakki[1], Rizky Rosjanuardi[2]*, Sufyani Prabawanto[1]
[1]Prodi Pendidkan Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
[2]Prodi Matematika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author: rizky@upi.edu
Dikirim: 12-10-2026; Direvisi: 27-10-2026; Diterima: 30-10-2026

Abstrak: Pemahaman konsep merupakan aspek penting dalam pembelajaran trigonometri karena siswa tidak hanya dituntut melakukan perhitungan, tetapi juga memahami hubungan antara sudut dan sisi serta menerapkan konsep pada berbagai situasi. Perbedaan tahap perkembangan kognitif dapat berkaitan dengan karakteristik pemahaman konsep yang ditunjukkan siswa. Penelitian ini bertujuan menganalisis pemahaman konsep trigonometri siswa SMK berdasarkan tahap perkembangan kognitif Piaget serta kesesuaiannya dengan konsep formal trigonometri. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain fenomenologi dan melibatkan 24 siswa kelas XI di salah satu SMK di Kabupaten Bandung. Tahap perkembangan kognitif ditentukan menggunakan *Test of Logical Thinking* (TOLT), sedangkan data pemahaman konsep diperoleh melalui tes dan wawancara semi-terstruktur. Hasil TOLT menunjukkan 20 siswa (83,3%) berada pada tahap operasional konkret, 2 siswa (8,3%) pada tahap transisi, dan 2 siswa (8,3%) pada tahap operasional formal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa tahap konkret masih mengalami keterbatasan dalam menentukan sudut acuan, mengintegrasikan Teorema Pythagoras, dan menghubungkan posisi sisi dengan sudut. Siswa tahap transisi telah memiliki pemahaman konseptual dasar, tetapi belum sepenuhnya fleksibel dalam menghubungkan antarkonsep dan memilih strategi. Sementara itu, siswa tahap formal menunjukkan pemahaman yang lebih utuh melalui kemampuan menghubungkan antarkonsep, memberikan alasan, dan memilih strategi sesuai informasi yang tersedia. Temuan menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pemahaman konsep trigonometri berdasarkan tahap perkembangan kognitif siswa.

Kata Kunci: pemahaman konsep; trigonometri; perkembangan kognitif; Piaget; siswa SMK.

Abstract: Conceptual understanding is an important aspect of learning trigonometry, as students are required not only to perform calculations but also to understand the relationships between angles and sides and apply concepts in various situations. Differences in cognitive developmental stages may be associated with variations in students' conceptual understanding. This study aims to analyze vocational high school students' understanding of trigonometric concepts based on Piaget's cognitive developmental stages and its alignment with formal trigonometric concepts. A qualitative approach with a phenomenological design was employed, involving 24 eleventh-grade students at a vocational high school in Bandung Regency, Indonesia. Cognitive developmental stages were identified using the Test of Logical Thinking (TOLT), while data on conceptual understanding were collected through tests and semi-structured interviews. The TOLT results indicated that 20 students (83.3%) were classified at the concrete operational stage, two (8.3%) at the transitional level, and two (8.3%) at the formal operational stage. The findings revealed that students at the concrete operational stage had difficulties identifying reference angles, integrating the Pythagorean theorem, and relating side positions to angles. Students at the transitional level demonstrated basic conceptual understanding but lacked flexibility in connecting concepts and selecting strategies. Meanwhile, students at the formal operational stage demonstrated more comprehensive understanding by connecting concepts, providing reasoning, and selecting

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

strategies according to the available information. These findings indicate differences in the characteristics of students' conceptual understanding of trigonometry across cognitive developmental classifications.

Keywords: conceptual understanding; trigonometry; cognitive development; Piaget; vocational high school students.

PENDAHULUAN

Trigonometri menjadi salah satu materi matematika yang dipelajari pada jenjang sekolah menengah, termasuk pada kelas X SMK. Dalam Surat Keputusan Kemendikbud Nomor 32 Tahun 2024, materi tersebut tercantum pada mata pelajaran Matematika Fase E elemen geometri melalui capaian yang berkaitan dengan penyelesaian segitiga siku-siku menggunakan perbandingan trigonometri. Pada Kurikulum Merdeka, pembelajaran trigonometri pada fase tersebut lebih diarahkan pada penguasaan konsep perbandingan trigonometri, sedangkan pembahasan yang lebih luas diberikan pada pembelajaran matematika tingkat lanjut di SMA. Meskipun cakupannya terbatas, penguasaan perbandingan trigonometri tetap penting bagi siswa SMK, khususnya sebagai pengetahuan dasar yang dapat mendukung studi lanjutan sesuai dengan minat dan bidang yang dipilih.

Secara konseptual, trigonometri berkaitan dengan kajian mengenai hubungan antara sudut dan panjang sisi, khususnya pada segitiga siku-siku. Materi ini memiliki keterkaitan dengan berbagai bidang ilmu dan teknologi, antara lain fisika, astronomi, dan teknik sipil (Weinberg & Brown, 2017). Penerapan tersebut menunjukkan bahwa trigonometri tidak hanya berkaitan dengan kemampuan melakukan perhitungan, tetapi juga menuntut siswa memahami hubungan antarkomponen dalam suatu konsep. Pemahaman tersebut diperlukan agar siswa mampu menggunakan konsep secara tepat ketika menghadapi permasalahan yang memiliki bentuk atau konteks berbeda. Dengan demikian, pemahaman konsep menjadi salah satu aspek penting dalam pembelajaran trigonometri.

Salah satu karakteristik yang menyebabkan trigonometri tidak mudah dipahami adalah adanya konsep-konsep yang bersifat abstrak. Kasmawati dan Mulbar (2025) mengemukakan bahwa trigonometri mencakup berbagai konsep abstrak, di antaranya sinus, kosinus, tangen, identitas, dan persamaan trigonometri. Keabstrakan tersebut menyebabkan trigonometri sering dipandang sebagai salah satu materi matematika yang sulit dan abstrak oleh siswa (Dhungana dkk., 2023). Dalam mempelajari perbandingan trigonometri, siswa tidak hanya berhadapan dengan simbol dan rumus, tetapi juga perlu memahami keterkaitan antara sudut acuan, posisi sisi, dan perbandingan panjang sisi. Penelitian Rosjanuardi dan Jupri (2020) menunjukkan bahwa pemahaman konsep trigonometri melibatkan keterkaitan antarkonsep dan representasi, sehingga pemahaman terhadap suatu konsep dapat mendukung pemahaman konsep lainnya, karakteristik tersebut menunjukkan bahwa penguasaan prosedur perhitungan saja belum cukup untuk menunjukkan bahwa siswa telah memiliki pemahaman konsep yang baik.

Permasalahan pemahaman konsep pada materi trigonometri telah ditemukan dalam sejumlah penelitian. Siswanah (2013) menunjukkan bahwa trigonometri menjadi materi yang sulit bagi siswa karena melibatkan konsep-konsep abstrak, seperti sudut dan perbandingan trigonometri. Sejalan dengan hal tersebut, Novianti dkk. (2021) menemukan bahwa kurangnya pemahaman konsep menjadi salah satu

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

kesulitan siswa dalam menyelesaikan permasalahan trigonometri, baik dalam memahami informasi pada soal maupun dalam melakukan proses perhitungan. Rosjanuardi dan Jupri (2022) juga menunjukkan bahwa hambatan epistemologis dapat memengaruhi pemahaman siswa terhadap trigonometri, termasuk ketika siswa mengalami kesulitan memahami konsep yang mendasari prosedur penyelesaian. Maknun dkk. (2018) menemukan bahwa siswa juga mengalami kesulitan dalam menjelaskan, memberikan alasan, dan membangun argumentasi yang berkaitan dengan pernyataan trigonometri. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemahaman konsep tidak hanya diperlukan untuk memperoleh hasil perhitungan, tetapi juga untuk menjelaskan keterkaitan antarlangkah penyelesaian. Penelitian lain juga telah mengkaji kemampuan dan pemahaman siswa pada materi yang berkaitan dengan trigonometri (Romsih dkk., 2019; Ismiyah dkk., 2020), sementara Syifa dan Kurniawati (2025) mengidentifikasi berbagai kesalahan siswa dalam menyelesaikan permasalahan trigonometri. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan menggunakan rumus belum selalu disertai dengan pemahaman terhadap hubungan dan makna konsep yang digunakan.

Pemahaman konsep matematika juga berkaitan dengan perkembangan kemampuan kognitif siswa. Piaget (1952) menjelaskan bahwa pada tahap operasional formal, individu mulai mampu menggunakan penalaran abstrak dan hipotetis-deduktif dalam menghadapi suatu permasalahan. Individu pada tahap ini dapat mempertimbangkan berbagai kemungkinan, membangun hipotesis, serta menarik kesimpulan secara sistematis. Kemampuan tersebut berbeda dengan karakteristik tahap operasional konkret yang lebih banyak melibatkan operasi logis terhadap objek atau situasi yang dapat diamati secara langsung. Piaget dan Inhelder (1969) menjelaskan bahwa pada tahap operasional konkret individu telah mampu melakukan operasi mental secara logis, tetapi penalarannya masih berkaitan erat dengan situasi konkret. Perbedaan karakteristik berpikir tersebut menjadi penting untuk diperhatikan dalam pembelajaran matematika yang melibatkan konsep-konsep abstrak seperti trigonometri.

Meskipun siswa SMK secara umum berada pada rentang usia yang berkaitan dengan tahap operasional formal, perkembangan kognitif setiap siswa tidak selalu berada pada tahap yang sama. Fitrianna dkk. (2025), misalnya, menemukan bahwa dari 27 siswa yang diteliti, sebanyak 37,04% berada pada tahap perkembangan konkret, 37,04% berada pada tahap transisi, dan 25,93% berada pada tahap perkembangan formal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa siswa pada jenjang sekolah menengah dapat memiliki karakteristik perkembangan kognitif yang beragam. Penelitian Fitrianna dkk. (2025) juga menunjukkan adanya perbedaan kemampuan siswa berdasarkan tahap perkembangan kognitif, sedangkan Gunawan dkk. (2019) serta Maesaroh dkk. (2020) menunjukkan pentingnya memperhatikan karakteristik kemampuan berpikir siswa dalam pembelajaran matematika. Perbedaan perkembangan kognitif tersebut memungkinkan siswa menunjukkan karakteristik pemahaman yang berbeda ketika menghadapi konsep matematika yang bersifat abstrak, termasuk konsep perbandingan trigonometri.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai pemahaman konsep trigonometri perlu mempertimbangkan tahap perkembangan kognitif siswa agar karakteristik pemahaman yang muncul dapat dipahami secara lebih mendalam. Meskipun penelitian terdahulu telah membahas kesulitan, kesalahan, dan

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

pemahaman siswa pada materi trigonometri serta mengkaji kemampuan berdasarkan perkembangan kognitif, kajian yang secara khusus menganalisis pemahaman konsep trigonometri siswa SMK berdasarkan tahap konkret, transisi, dan formal dalam perspektif perkembangan kognitif Piaget masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman konsep trigonometri siswa SMK berdasarkan tahap perkembangan kognitif Piaget. Analisis dilakukan untuk menggambarkan karakteristik pemahaman siswa pada tahap konkret, transisi, dan formal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan analisis komparatif untuk mendeskripsikan dan membandingkan pemahaman konsep trigonometri berdasarkan tahap perkembangan kognitif (Sandelowski, 2000). Penelitian dilaksanakan di salah satu SMK di Kabupaten Bandung dengan melibatkan 24 peserta didik kelas XI yang telah mempelajari perbandingan trigonometri.

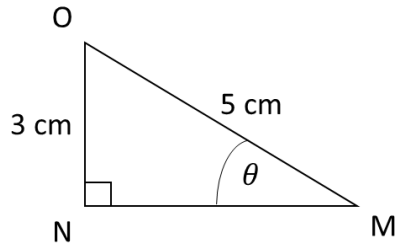
Seluruh peserta didik mengikuti Test of Logical Thinking (TOLT) versi Bahasa Indonesia yang disusun oleh Sumarmo dkk. (2024) dengan mengacu pada Tobin dan Capie (1981). Instrumen ini mengukur lima aspek penalaran dan memiliki validitas 0,60 serta reliabilitas 0,86. Berdasarkan skor TOLT, peserta didik dikelompokkan ke dalam tahap operasional konkret (skor 0–1), transisi (skor 2–4), dan operasional formal (skor 5–10). Hasilnya menunjukkan 20 peserta didik berada pada tahap konkret, 2 pada tahap transisi, dan 2 pada tahap formal. Satu peserta didik dipilih secara acak dari setiap kelompok untuk dianalisis secara mendalam, masing-masing berkode K1, T1, dan F1.

Data dikumpulkan melalui TOLT, tes pemahaman konsep trigonometri, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi. Tes pemahaman konsep terdiri atas empat soal uraian yang mencakup pemahaman sinus, kosinus, dan tangen; penentuan nilai perbandingan trigonometri; penentuan panjang sisi segitiga berdasarkan sisi miring dan sudut; serta penerapan trigonometri dalam masalah kontekstual. Data dianalisis dengan membandingkan pola jawaban, alasan siswa dalam wawancara, dan strategi penyelesaian ketiga subjek. Kisi-kisi tes disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-kisi Tes Pemahaman Konsep Trigonometri

No	Indikator	Soal	Skor
1	Menjelaskan konsep perbandingan trigonometri (sin, cos, tan) pada segitiga siku-siku.	Diketahui segitiga siku-siku ABC dengan siku-siku dititik B. Jika $\overline{AC}$ adalah sisi miring, jelaskan: 1. Gambarlah segitiga tersebut dan berikan keterangan pada setiap sisinya. 2. Apa yang dimaksud dengan $\sin A$, $\cos A$, dan $\tan A$. 3. Tuliskan $\sin A$, $\cos A$, dan $\tan A$ sebagai perbandingan antara dua sisi.	5

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

2	Menentukan nilai perbandingan trigonometri suatu sudut pada segitiga siku-siku (sudut istimewa).	Diketahui segitiga siku-siku berikut:  Tentukan: 1. $\sin\theta$ 2. $\cos\theta$ 3. $\tan\theta$	5
3	Menyelesaikan masalah yang melibatkan panjang sisi dan besar sudut pada segitiga siku-siku.	Diketahui segitiga siku-siku dan salah satu sudutnya 30° dengan panjang sisi miring 12 cm. Tentukan panjang kedua sisinya.	5
4	Menerapkan perbandingan trigonometri dalam menyelesaikan masalah kontekstual (misalnya tinggi benda atau jarak).	Panjang bayangan sebuah menara adalah 15 m. Jika sudut elevasi matahari terhadap bayangan menara pada saat itu 60°, tentukan tinggi menara tersebut	5

Setiap soal diberi skor maksimal 5, sehingga skor total maksimal 20, kemudian dikonversi ke skala 100 dengan rumus nilai = (skor perolehan/20) × 100. Instrumen ditelaah oleh dosen pembimbing dan direvisi berdasarkan masukan untuk memastikan kesesuaiannya dengan materi dan tujuan penelitian. Wawancara semi-terstruktur dilakukan terhadap tiga subjek terpilih selama sekitar 20 menit per orang untuk menggali pemahaman konsep, alasan jawaban, dan strategi penyelesaian. Dokumentasi berupa lembar jawaban dan perangkat pembelajaran digunakan sebagai data pendukung. Analisis data meliputi reduksi, penyajian, dan penarikan kesimpulan melalui perbandingan pola jawaban, alasan, serta strategi penyelesaian ketiga subjek. Keabsahan data diperiksa melalui triangulasi teknik dengan membandingkan hasil tes, wawancara, dan dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Tahap perkembangan kognitif siswa ditentukan berdasarkan hasil *Test of Logical Thinking* (TOLT). Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa dari 24 siswa, sebanyak 20 siswa berada pada tahap operasional konkret, 2 siswa berada pada tahap transisi, dan 2 siswa berada pada tahap operasional formal. Distribusi siswa berdasarkan tahap perkembangan kognitif disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Siswa Berdasarkan Tahap Perkembangan Kognitif

No	Tahap Perkembangan Kognitif	Banyak siswa	Persentase
1	Operasional Konkret	20	83,3%
2	Transisi	2	8,3%
3	Operasional Formal	2	8,3%
Total		24	100%

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

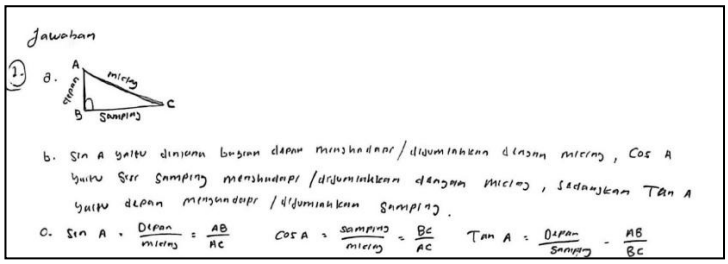
Berdasarkan Tabel 1, sebanyak 20 dari 24 siswa (83,3%) teridentifikasi berada pada tahap operasional konkret, sedangkan masing-masing 2 siswa (8,3%) berada pada tahap transisi dan operasional formal. Dominasi tahap operasional konkret perlu dicermati karena siswa kelas XI umumnya berusia 16–17 tahun, yang dalam teori Piaget dikaitkan dengan berkembangnya kemampuan berpikir formal. Namun, usia tidak dapat menjadi satu-satunya dasar penentuan tahap perkembangan kognitif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, klasifikasi didasarkan pada kinerja siswa dalam Test of Logical Thinking (TOLT). Distribusi ini berbeda dari Fitrianna dkk. (2025), yang melaporkan 37,04% siswa pada tahap konkret, 37,04% pada tahap transisi, dan 25,93% pada tahap formal. Perbedaan tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena kedua penelitian mengkaji konteks, karakteristik siswa, dan materi matematika yang berbeda. Faktor seperti pengalaman belajar, motivasi, kondisi pelaksanaan tes, dan kesesuaian instrumen mungkin berkaitan dengan perbedaan hasil, tetapi belum dapat dipastikan sebagai penyebab.

Jumlah siswa pada kelompok transisi dan operasional formal yang masing-masing hanya terdiri atas dua orang juga membatasi keluasan interpretasi. Dengan demikian, pembahasan kedua kelompok tersebut difokuskan pada karakteristik jawaban, alasan, dan strategi penyelesaian siswa yang diteliti, bukan untuk mewakili seluruh siswa pada tahap tersebut. Keterbatasan ini perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan perbedaan pemahaman konsep trigonometri berdasarkan klasifikasi perkembangan kognitif.

Selanjutnya, pemahaman konsep trigonometri dianalisis berdasarkan hasil tes pemahaman konsep dan wawancara. Analisis difokuskan pada empat indikator, yaitu (1) pemahaman konsep dasar perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku, (2) penentuan nilai perbandingan trigonometri, (3) penyelesaian masalah yang melibatkan hubungan antara sisi dan sudut, dan (4) penerapan konsep trigonometri dalam permasalahan kontekstual.

Analisis pada keempat indikator tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan tahap perkembangan kognitif siswa. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk menggambarkan karakteristik pemahaman konsep trigonometri siswa pada tahap operasional konkret, transisi, dan operasional formal.

Pada soal nomor 1, siswa diminta menggambarkan segitiga siku-siku, menjelaskan pengertian sinus, kosinus, dan tangen, serta menyatakan masing-masing sebagai perbandingan dua sisi. Soal ini mengukur indikator pertama, yaitu kemampuan menjelaskan konsep dasar perbandingan trigonometri pada segitiga siku-siku. Hasil jawaban dan wawancara menunjukkan adanya perbedaan pemahaman konsep yang ditunjukkan oleh siswa yang diteliti pada setiap kelompok tahap perkembangan kognitif.



Gambar 1. Jawaban Nomor 1 Siswa pada K1

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Pada Pada tahap operasional konkret, siswa belum memahami perbandingan trigonometri sebagai rasio yang ditentukan berdasarkan sudut acuan. Ketika ditanya mengenai makna sinus, kosinus, dan tangen, siswa menunjukkan ketidakpahaman terhadap simbol perbandingan. Setelah peneliti menjelaskan bahwa tanda tersebut menunjukkan perbandingan, siswa dapat menyebutkan bentuk dasar sinus, kosinus, dan tangen. Namun, siswa masih keliru dalam menentukan sudut acuan.

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan siswa tahap operasional konkret. Ketika peneliti menanyakan sudut acuan yang digunakan, siswa menunjuk sudut C, meskipun perbandingan trigonometri yang ditanyakan adalah sinus sudut A. Berikut kutipan wawancara tersebut.

Peneliti: "Sudutnya yang mana?"

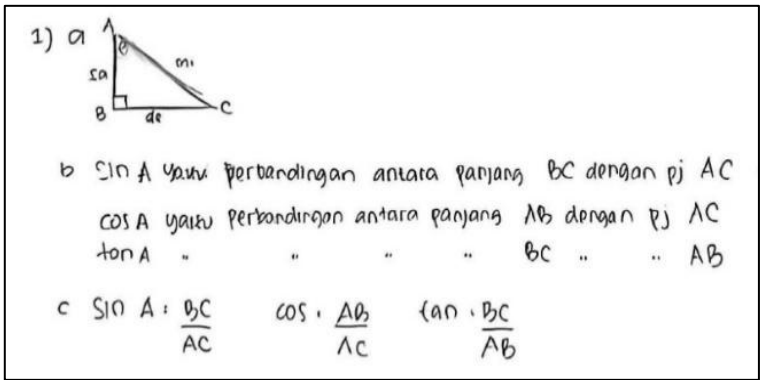
Siswa K1: "Yang ini, Pak," (menunjuk sudut C).

Peneliti: "Kan sin A?"

Siswa K1: "Oh iya, jadinya di sini berarti sisi depannya di bawah, sisi sampingnya di samping, dan sisi miringnya yang sisi terpanjang."

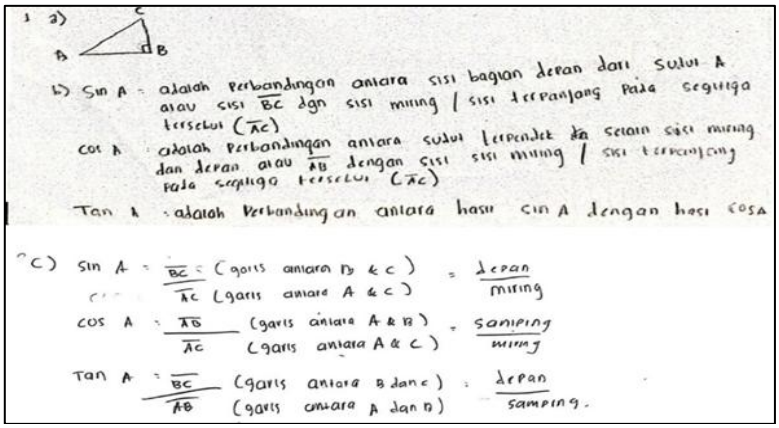
Kutipan tersebut menunjukkan bahwa siswa belum secara konsisten mengidentifikasi sudut acuan dan menentukan posisi relatif sisi berdasarkan sudut yang dimaksud. Setelah memperoleh pengingat dari peneliti, siswa berusaha memperbaiki identifikasi sisi-sisi segitiga. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa dapat memberikan respons setelah memperoleh bantuan, tetapi respons tersebut belum cukup untuk menyimpulkan bahwa siswa telah memahami konsep secara mandiri.

Berbeda dengan K1, siswa tahap transisi (T1) telah menunjukkan pemahaman mengenai hubungan sudut dan sisi, meskipun penulisan perbandingannya belum lengkap. Sementara itu, siswa tahap operasional formal (F1) mampu menjelaskan perbandingan trigonometri secara lebih lengkap. Perbandingan jawaban kedua siswa tersebut disajikan pada Gambar X. Secara keseluruhan, jawaban siswa menunjukkan perbedaan dalam menghubungkan perbandingan trigonometri dengan sudut acuan, mulai dari jawaban yang masih memerlukan bantuan hingga penjelasan yang lebih lengkap.



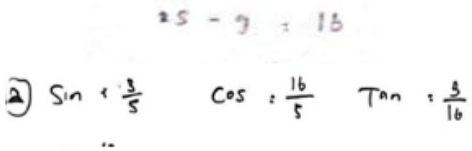
Gambar 2. Jawaban Nomor 1 Siswa pada T1

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional



Gambar 3. Jawaban Nomor 1 Siswa pada F1

Pada soal nomor 2, siswa diminta menentukan panjang sisi yang belum diketahui menggunakan Teorema Pythagoras, kemudian menentukan nilai sinus, kosinus, dan tangen berdasarkan sudut yang ditinjau.



Gambar 4. Jawaban Nomor 2 Siswa pada K1

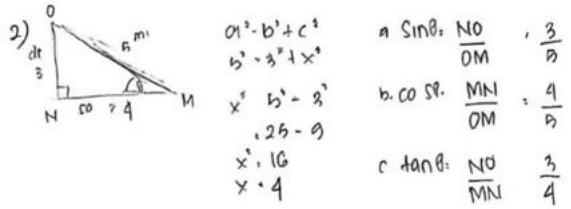
Pada tahap operasional konkret, siswa mengalami kesulitan dalam menerapkan Teorema Pythagoras. Siswa memperoleh hasil 16 dari proses (25-9), tetapi tidak melanjutkan dengan akar kuadrat untuk menentukan panjang sisi yang sebenarnya. Kesalahan tersebut menyebabkan nilai kosinus dan tangen yang diperoleh tidak tepat. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa belum mampu mengintegrasikan Teorema Pythagoras dengan konsep perbandingan trigonometri.

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan siswa tahap operasional konkret berikut.

Peneliti: “Kok 16 bukannya diakarin, ya?”

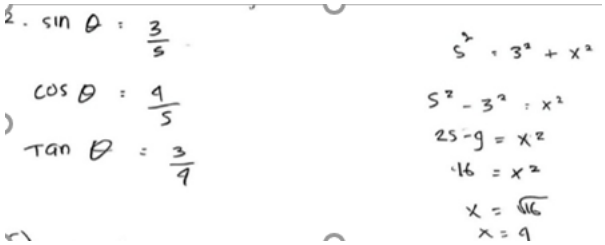
Siswa K1: “Nggak tahu, Pak.”

Sebaliknya, siswa pada tahap transisi (T1) dan operasional formal (F1) mampu menggunakan Teorema Pythagoras dan menentukan nilai sinus, kosinus, dan tangen dengan tepat. Siswa tahap transisi dapat menjelaskan langkah penyelesaian secara langsung, sedangkan siswa tahap formal mampu menerapkan konsep dengan benar meskipun tidak dapat menyebutkan nama rumus yang digunakan. Dengan demikian, perbedaan antara kedua tahap tersebut lebih terlihat pada kualitas penjelasan dan keterhubungan konsep, bukan pada ketepatan hasil.



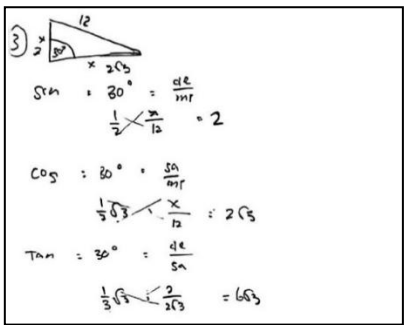
Gambar 5. Jawaban Nomor 2 Siswa pada T1

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional



Gambar 6. Jawaban Nomor 2 Siswa pada F1

Pada soal nomor 3, siswa diminta menentukan panjang sisi berdasarkan informasi mengenai besar sudut dan panjang salah satu sisi segitiga.

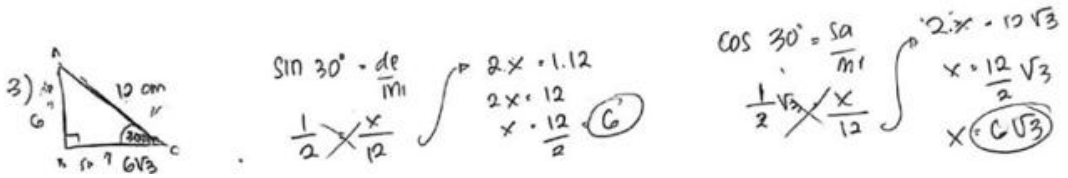


Gambar 7. Jawaban Nomor 3 Siswa pada K1

Pada tahap operasional konkret, siswa mengalami kesulitan dalam menentukan sudut acuan. Siswa awalnya menyatakan bahwa sisi yang belum diketahui dapat ditentukan menggunakan sinus dan kosinus, tetapi setelah peneliti menanyakan kembali posisi sudut, siswa menyadari kesalahannya dan memperbaiki representasi. Hal ini menunjukkan bahwa siswa telah memiliki pengetahuan mengenai penggunaan perbandingan trigonometri, tetapi belum mampu menentukan sudut acuan secara konsisten.

Pada tahap transisi, siswa mampu menentukan strategi penyelesaian dengan membuat gambar terlebih dahulu dan memilih perbandingan trigonometri berdasarkan informasi yang diketahui. Siswa juga mengetahui bahwa tangen dapat digunakan, tetapi tidak memilihnya karena informasi yang tersedia lebih sesuai untuk penggunaan sinus dan kosinus.

Sementara itu, siswa tahap operasional formal mampu mempertimbangkan strategi alternatif. Setelah menentukan sisi yang diperlukan menggunakan sinus, siswa menyadari bahwa tangen juga dapat digunakan karena sisi depan telah diketahui. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa tahap formal memiliki fleksibilitas yang lebih baik dalam menghubungkan beberapa perbandingan trigonometri untuk menyelesaikan masalah.



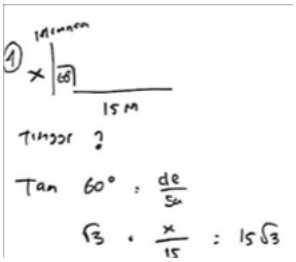
Gambar 8. Jawaban Nomor 3 Siswa pada K1

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional



Gambar 9. Jawaban Nomor 3 Siswa pada F1

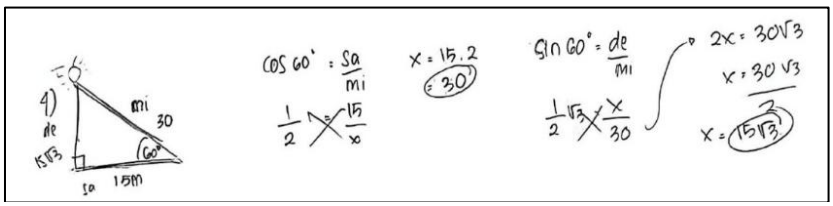
Pada soal nomor 4, siswa diminta menentukan tinggi menara berdasarkan panjang bayangan dan besar sudut elevasi. Siswa perlu merepresentasikan informasi kontekstual tersebut dalam bentuk segitiga siku-siku sebelum menentukan perbandingan trigonometri yang sesuai.



Gambar 10. Jawaban Nomor 4 Siswa pada K1

Pada tahap operasional konkret, siswa mampu membayangkan situasi dalam soal dan merepresentasikannya sebagai segitiga siku-siku. Namun, siswa masih mengalami ketidaktepatan dalam menentukan posisi sudut acuan. Meskipun demikian, siswa mampu memilih perbandingan tangen yang sesuai. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan memodelkan situasi telah muncul, tetapi penentuan sudut acuan masih belum konsisten.

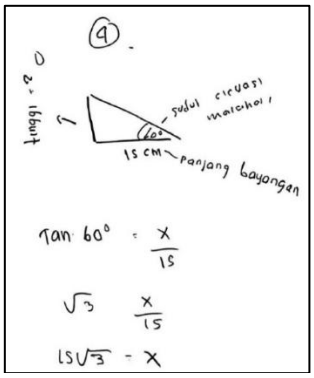
Pada tahap transisi, siswa mampu mengidentifikasi informasi yang diketahui dan ditanyakan, tetapi memilih menggunakan sinus dan kosinus sehingga perlu menentukan sisi miring terlebih dahulu sebelum memperoleh tinggi menara.



Gambar 11. Jawaban Nomor 4 Siswa pada T1

Sementara itu, siswa tahap operasional formal secara langsung menggunakan perbandingan tangen karena sisi samping dan sudut elevasi telah diketahui, sedangkan tinggi menara merupakan sisi depan terhadap sudut tersebut.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional



Gambar 12. Jawaban Nomor 4 Siswa pada F1

Siswa kemudian memperoleh tinggi menara sebesar $15\sqrt{3}$ m. Perbedaan strategi tersebut menunjukkan bahwa siswa tahap formal mampu memilih hubungan trigonometri yang lebih langsung sesuai dengan informasi yang tersedia, sedangkan siswa tahap transisi masih menggunakan strategi yang membutuhkan langkah tambahan.

Hasil tes dan wawancara menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pemahaman konsep trigonometri pada ketiga tahap perkembangan kognitif. Siswa tahap operasional konkret masih mengalami kesulitan dalam menentukan sudut acuan, mengidentifikasi posisi relatif sisi, serta mengintegrasikan Teorema Pythagoras dengan konsep perbandingan trigonometri. Kesulitan tersebut menyebabkan siswa belum konsisten dalam menerapkan konsep ketika bentuk atau kondisi permasalahan berubah.

Siswa tahap transisi telah menunjukkan pemahaman konsep yang lebih baik. Mereka mampu menentukan perbandingan trigonometri, menggunakan Teorema Pythagoras, dan menyelesaikan permasalahan yang diberikan. Namun, penggunaan hubungan antarkonsep untuk menentukan strategi alternatif belum sepenuhnya fleksibel. Hal tersebut terlihat dari kecenderungan memilih langkah penyelesaian yang lebih panjang meskipun terdapat strategi yang lebih langsung.

Siswa tahap operasional formal menunjukkan pemahaman konsep yang paling komprehensif. Selain mampu menyelesaikan permasalahan dengan benar, siswa dapat menjelaskan hubungan antara sudut acuan dan posisi sisi, mengintegrasikan konsep prasyarat, serta mempertimbangkan strategi alternatif. Dengan demikian, perbedaan antartahap perkembangan kognitif tidak hanya terlihat dari ketepatan jawaban, tetapi juga dari kedalaman pemahaman, kemampuan memberikan alasan, dan fleksibilitas dalam memilih strategi penyelesaian.

PEMBAHASAN

Hasil tes pemahaman konsep, wawancara, dan pengelompokan tahap perkembangan kognitif berdasarkan *Test of Logical Thinking* (TOLT) menunjukkan adanya perbedaan kualitas pemahaman konsep trigonometri pada setiap tahap perkembangan kognitif. Perbedaan tersebut terutama terlihat dalam kemampuan memaknai perbandingan trigonometri, menghubungkan konsep-konsep yang relevan, serta menerapkan konsep dalam berbagai situasi pemecahan masalah. Secara umum, terdapat kecenderungan bahwa siswa pada tahap perkembangan kognitif yang lebih tinggi menunjukkan kualitas pemahaman konseptual yang lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan trigonometri.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Pada tahap operasional konkret, pemahaman konsep trigonometri siswa masih terbatas. Siswa belum sepenuhnya memahami bahwa perbandingan trigonometri merupakan rasio yang ditentukan berdasarkan sudut acuan. Kondisi tersebut terlihat dari kesulitan dalam menentukan sudut acuan dan mengidentifikasi posisi sisi depan, sisi samping, serta sisi miring terhadap sudut tersebut. Selain itu, siswa juga belum mampu menggunakan Teorema Pythagoras secara tepat sebagai konsep prasyarat dalam menentukan perbandingan trigonometri. Keterbatasan tersebut berdampak pada kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah yang melibatkan panjang sisi, besar sudut, maupun situasi kontekstual. Temuan ini sejalan dengan Fitrianna dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa siswa pada tahap operasional konkret cenderung menggunakan prosedur penyelesaian secara langsung dan mengalami kesulitan ketika permasalahan menuntut penalaran yang lebih abstrak. Kondisi tersebut juga dapat dikaitkan dengan temuan Rosjanuardi dan Jupri (2022) yang menunjukkan bahwa hambatan epistemologis dalam pembelajaran trigonometri dapat memengaruhi pemahaman siswa terhadap konsep yang mendasari penyelesaian masalah.

Pemahaman konsep mulai berkembang pada tahap transisi. Siswa pada tahap ini telah mampu memahami perbandingan trigonometri dan menentukan perbandingan yang sesuai berdasarkan informasi yang tersedia, meskipun penjelasan mengenai makna perbandingan belum lengkap dan pemilihan strategi belum selalu efisien. Hal tersebut terlihat ketika siswa menentukan panjang sisi miring terlebih dahulu sebelum mencari panjang sisi depan, meskipun terdapat strategi yang lebih langsung. Hasil wawancara memperlihatkan bahwa siswa mampu menjelaskan alasan penggunaan perbandingan trigonometri berdasarkan informasi yang diketahui. Ketika ditanyakan mengenai kemungkinan penggunaan tangen secara langsung, siswa menjelaskan bahwa perbandingan tersebut belum dapat digunakan karena panjang sisi depan dan sisi samping belum diketahui. Respons ini menunjukkan bahwa siswa telah mampu menghubungkan informasi dengan pemilihan perbandingan trigonometri, tetapi belum sepenuhnya fleksibel dalam mengintegrasikan beberapa konsep untuk menentukan strategi alternatif. Kondisi ini berkaitan dengan mathematical flexibility, yaitu kemampuan menggunakan konsep, hubungan, representasi, dan strategi matematika secara fleksibel dan bermakna (Hickendorff dkk., 2022). Temuan ini sejalan dengan Gunawan dkk. (2019) yang menunjukkan bahwa kemampuan penalaran matematis siswa tahap transisi mulai berkembang, tetapi belum seoptimal siswa tahap operasional formal. Maknun dkk. (2018) juga menunjukkan bahwa siswa dapat mengalami kesulitan dalam menjelaskan alasan dan menghubungkan langkah-langkah penyelesaian masalah trigonometri.

Pemahaman konsep yang lebih utuh ditunjukkan oleh siswa pada tahap operasional formal. Siswa pada tahap ini mampu memaknai perbandingan trigonometri sebagai rasio yang bergantung pada sudut acuan, menggunakan Teorema Pythagoras sebagai konsep prasyarat, serta menentukan strategi penyelesaian berdasarkan informasi yang tersedia. Siswa tidak hanya memperoleh jawaban yang tepat, tetapi juga mampu memberikan alasan dalam memilih perbandingan trigonometri berdasarkan posisi relatif sisi terhadap sudut acuan. Hal tersebut menunjukkan adanya pemahaman terhadap hubungan antarkonsep, bukan sekadar penguasaan prosedur. Kemampuan tersebut juga mencerminkan fleksibilitas

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

dalam menggunakan pengetahuan matematis, yaitu kemampuan menghubungkan beberapa konsep dan menyesuaikan strategi penyelesaian dengan karakteristik permasalahan. Kesalahan yang masih ditemukan pada tahap ini cenderung bersifat teknis, seperti ketidaktelitian dalam penulisan atau perhitungan, dan tidak menunjukkan adanya kesalahan dalam pemahaman konsep trigonometri. Temuan ini mendukung hasil penelitian Sukarna dkk. (2020) yang menunjukkan bahwa siswa pada tahap operasional formal memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan siswa pada tahap transisi dan operasional konkret. Kemampuan berpikir tersebut memungkinkan siswa memahami hubungan antarkonsep dan menentukan strategi penyelesaian yang lebih sesuai dalam menghadapi permasalahan matematika.

Perbedaan kualitas pemahaman tersebut konsisten dengan penelitian yang menggunakan TOLT untuk mengidentifikasi tahap perkembangan kognitif siswa. Gunawan dkk. (2019), Sukarna dkk. (2020), dan Yuliani dkk. (2020) menunjukkan bahwa siswa pada tahap operasional formal cenderung memiliki kemampuan penalaran dan berpikir kritis yang lebih baik dibandingkan siswa pada tahap operasional konkret maupun transisi. Temuan ini juga sesuai dengan pandangan Piaget (1952) bahwa perkembangan kognitif berlangsung secara bertahap, dari kemampuan berpikir yang masih terikat pada objek konkret menuju kemampuan berpikir abstrak dan logis pada tahap operasional formal. Dalam konteks trigonometri, perbedaan tersebut tampak pada kemampuan memahami perbandingan berdasarkan sudut acuan, mengintegrasikan Teorema Pythagoras sebagai konsep prasyarat, serta menghubungkan berbagai konsep dalam menentukan strategi penyelesaian.

Meskipun demikian, hubungan tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena TOLT mengukur penalaran logis umum, sedangkan tes pemahaman konsep mengukur pemahaman trigonometri, meskipun keduanya memiliki tuntutan penalaran proporsional yang beririsan. Perbedaan kesempatan belajar dan retensi materi sejak pembelajaran di kelas X juga mungkin berkontribusi terhadap hasil penelitian. Selain itu, istilah tahap transisi dalam penelitian ini merujuk pada kategori klasifikasi TOLT, bukan tahap tersendiri dalam tahapan asli Piaget. Oleh karena itu, temuan ini menunjukkan keterkaitan, bukan hubungan sebab-akibat.

Dengan demikian, temuan penelitian menunjukkan adanya keterkaitan antara klasifikasi perkembangan kognitif berdasarkan TOLT dan kualitas pemahaman konsep trigonometri siswa. Namun, keterkaitan tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati dengan mempertimbangkan jumlah subjek yang dianalisis pada setiap kategori.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep trigonometri siswa menunjukkan perbedaan berdasarkan tahap perkembangan kognitif. Siswa pada tahap operasional konkret mengalami keterbatasan dalam menentukan sudut acuan dan menghubungkan konsep prasyarat, sedangkan siswa tahap transisi telah menunjukkan pemahaman dasar tetapi belum sepenuhnya fleksibel dalam memilih strategi. Sementara itu, siswa tahap operasional formal menunjukkan kemampuan yang lebih utuh dalam menghubungkan konsep dan menyesuaikan strategi dengan informasi yang tersedia. Temuan ini menunjukkan

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

pentingnya mempertimbangkan karakteristik penalaran siswa dalam pembelajaran trigonometri.

Dengan demikian, pada siswa yang diteliti, kualitas pemahaman konsep trigonometri cenderung berbeda menurut tahap perkembangan kognitifnya, sehingga pembelajaran perlu disesuaikan dengan karakteristik penalaran siswa. Mengingat sebagian besar siswa berada pada tahap operasional konkret, guru dapat menggunakan benda nyata atau lingkaran satuan, menekankan identifikasi sudut acuan, serta memperkuat pemahaman Teorema Pythagoras sebagai konsep prasyarat. Penelitian ini terbatas pada satu SMK dengan jumlah siswa pada kategori transisi dan formal yang relatif sedikit serta instrumen tes pemahaman konsep yang belum diuji validitasnya secara khusus. Oleh karena itu, temuan ini perlu dipahami sesuai konteks penelitian. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan beberapa sekolah, memperbanyak subjek pada kategori transisi dan formal, menguji validitas instrumen, serta menerapkan member checking melalui konfirmasi hasil interpretasi kepada siswa untuk memperkuat kredibilitas temuan.

DAFTAR PUSTAKA

Dhungana, S., Pant, B. P., & Dahal, N. (2023). Students' Experience in Learning Trigonometry in High School Mathematics: A Phenomenological Study. Mathematics Teaching Research Journal, 15(4), 184-201.

Fitrianna, A. Y (2025). Penalaran secara aljabar dan resiliensi matematis siswa pada implementasi desain didaktis materi fungsi komposisi dan invers berdasarkan tahap kognitif (Doctoral dissertation). Universitas Pendidikan Indonesia.

Gunawan, G., Prawoto, A., & Sumarmo, U. (2019). Mathematical Reasoning and Self Regulated Learning According to Student's Cognitive Stage. (JIML) JOURNAL OF INNOVATIVE MATHEMATICS LEARNING, 2(1), 39-52.

Hickendorff, M., McMullen, J., & Verschaffel, L. (2022). Mathematical flexibility: Theoretical, methodological, and educational considerations. Journal of Numerical Cognition, 8(3), 326-334.

Ismiyah, S., Nindiasari, H., & Syamsuri, S. (2020). Pengaruh pendekatan metakognitif terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa SMA berdasarkan tahap perkembangan kognitif. TIRTAMATH: Jurnal Penelitian Dan Pengajaran Matematika, 2(1), 1-14.

Kasmawati, & Mulbar, U. (2025). Analisis Kesulitan Belajar Matematika pada Materi Trigonometri Tingkat SMA/SMK. Afore: Jurnal Pendidikan Matematika, 4(2), 132-147.

Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2024). Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 032/H/KR/2024 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Maesaroh, S., Sumarmo, U., & Hidayat, W. (2020). Mathematical reasoning ability and resilience (experiment with senior high students using inductive and

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

deductive approach and based on student's cognitive stage). Journal of Innovative Mathematics Learning, 3(3), 87–101.

Maknun, C. L., Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2018). Students' Mathematical Argumentation in Trigonometry. In 5th International Conference on Education and Social Sciences, 689–696.

Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. New York, NY: International Universities Press.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). The psychology of the child. New York, NY: Basic Books.

Romsih, O., Yuhana, Y., & Nindiasari, H. (2019). Peningkatan kemampuan penalaran matematis siswa melalui problem posing ditinjau dari tahap perkembangan kognitif siswa. Supremum Journal of Mathematics Education, 3(1), 37-46.

Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2020). Didactical Design on Drawing and Analysing Trigonometric Functions Graph through a Unit Circle Approach. International Electronic Journal of Mathematics Education, 15(3).

Rosjanuardi, R., & Jupri, A. (2022). Epistemological Obstacle in Learning Trigonometry. Mathematics Teaching Research Journal, 14(2), 5–25.

Siswanah, E. (2013). Penggunaan media animasi dalam pembelajaran trigonometri untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa tadris matematika IAIN Walisongo Semarang. Jurnal Phenomenon, 3(2), 2013.

Sukarna, N., Sumarmo, U., & Kurniawan, R. (2020). The Role of Inquiry Approach and Cognitive Stage on Student's Mathematical Critical Thinking Ability and Self-Regulated Learning. Journal Of Educational Experts (JEE), 3(2), 74-86.

Sumarmo, U., Putra, H. D., & Fitrianna, A. Y. (2024). TOLT dan Tes Longeot untuk Mengukur Tahap Kognitif Siswa Berdasarkan Teori Piaget. Mega Press Nusantara.

Syifa, A. Q., & Kurniawati, I. (2025). Student Error in Grade X on the Concept of Trigonometry Using a Hermeneutic Phenomenological Study. Jurnal Pendidikan Matematika, 16(2), 182-196.

Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement, 41*(2), 413–423. https://doi.org/10.1177/001316448104100220

Weinberg, A., & Brown, S. (2017). Addressing Common Misconceptions in Trigonometry. Journal of Mathematics Education, 15(4), 78-92.

Yuliani, A., Fitriani, N., Dahlan, J. A., & Sumarmo, U. (2020, October). Mathematical critical thinking skill and selfconfidence according to student's cognitive stage. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1657, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.

Sandelowski, M. (2000). Whatever happened to qualitative description?. Research in nursing & health, 23(4), 334-340.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional