

## KONSTRUKSI KONSEP TRIGONOMETRI BAGI SISWA SMA BERDASARKAN TEORI APOS

Tita Puspitasari\*, Syamsuri, Cecep Anwar Hadi Firdos Santosa

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

\*titaaapuspitarsari14@gmail.com

### ABSTRAK

Pembelajaran matematika adalah suatu proses konstruksi pengetahuan yang mengaitkan antara konsep matematika satu dengan konsep matematika lainnya. Cara terbaik bagi siswa untuk mulai mempelajari konsep adalah dengan cara mengkonstruksi konsepnya sendiri dan hal-hal yang dipelajarinya. Konstruksi konsep matematika dapat dikaji melalui pemahaman konsep matematis dalam membangun pola pikir siswa pada pembelajaran matematika. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan konstruksi konsep trigonometri bagi siswa SMA berdasarkan Teori APOS. Pendekatan dalam penelitian ini adalah *APOS Research Cycle* dengan subjek penelitian siswa kelas XI di SMA Negeri 1 Cikande. Instrumen penelitian yang digunakan adalah soal tes tertulis dan wawancara semi terstruktur. Teknik analisis data dilakukan secara kualitatif dengan 3 tahap yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa mengalami mekanisme mental yang berbeda – beda dalam mengkonstruksi konsep trigonometri. Penelitian ini juga membuktikan bahwa tahapan *interiorization (action menuju process)*, merupakan tahapan penting dalam mengkonstruksi konsep trigonometri karena mempengaruhi kesempurnaan konstruksi pada tahap selanjutnya, baik pada *process, object, maupun schema*.

**Kata kunci:** konstruksi konsep, trigonometri, teori apos, mekanisme mental

### ABSTRACT

Mathematics learning is a knowledge construction process that links one mathematical concept with another mathematical concept. The best way for students to start learning concepts is to construct their own concepts and what they learn. The construction of mathematical concepts can be studied through understanding mathematical concepts in building students' mindsets in learning mathematics. This study aims to describe the construction of trigonometric concepts for high school students based on APOS Theory. The approach in this research is *APOS Research Cycle* with research subjects students of class XI at SMA Negeri 1 Cikande. The research instruments used were written test questions and semi-structured interviews. The data analysis technique was carried out qualitatively with 3 stages, namely data reduction, data presentation, and drawing conclusions/verification. The results showed that students experienced different mental mechanisms in constructing trigonometric concepts. This study also proves that the *interiorization stage (action to process)*, is an important stage in constructing the concept of trigonometry because it affects the perfection of construction at the next stage, both in *process, object, and schema*.

**Keywords:** concept construction, trigonometry, apos theory, mental mechanisms

## PENDAHULUAN

Matematika merupakan ilmu deduktif, ilmu terstruktur, dan ratu serta pelayan ilmu (Ramdani, 2006; Soeprianto, 2009; Syaban, 2006). Matematika adalah salah satu mata pelajaran yang penting bagi pelajar karena matematika berfungsi untuk mengembangkan kemampuan dalam berpikir serta berkomunikasi dengan menggunakan simbol-simbol yang dapat membantu memecahkan permasalahan yang ada dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut Subanji (2017) dalam proses pembelajaran matematika, siswa hanya sekedar bisa menyelesaikan soal tetapi belum mampu menyelesaikan masalah. Akibatnya siswa tidak mampu melakukan inovasi atau berpikir alternatif (cara lain) yang mungkin lebih efektif dan efisien serta siswa tidak dapat mengembangkan pola pikir dan penalaran yang tidak terkonstruksi secara baik. Salah satu hal terpenting dalam membangun pola pikir siswa adalah kemampuan pemahaman konsep matematis.

Menurut Dubinsky dan McDonald (2001) pemahaman terhadap suatu konsep matematika merupakan hasil konstruksi atau rekonstruksi dari objek-objek matematika. Cara terbaik bagi siswa untuk mulai mempelajari konsep adalah dengan cara mengkonstruksi sendiri konsep dan hal-hal yang dipelajarinya. Menurut Ni'mah *et al.* (2018) konstruksi konsep matematika adalah suatu kegiatan yang dilakukan oleh siswa secara aktif untuk memperoleh atau membangun suatu konsep dalam matematika serta antara satu konsep dengan konsep lainnya saling berkaitan.

Salah satu konsep dalam matematika adalah trigonometri. Trigonometri adalah salah satu materi dari matematika yang mempelajari

tentang hubungan antara sisi dan sudut suatu bentuk segitiga. Konsep yang dibangun dalam materi trigonometri cukup sulit, karena siswa masih banyak melakukan kesalahan dalam menyelesaikan permasalahan mengenai trigonometri. Hal ini sejalan dengan penelitian Khotimah *et al.* (2016) bahwa trigonometri adalah materi yang dianggap sulit dipahami oleh sebagian siswa SMA. Salah satu penyebab dari ketidakpahaman tersebut ialah kecenderungan siswa yang menghafal rumus dan tidak terlibatnya siswa secara langsung dalam proses menemukan konsep trigonometri. Dipilihnya materi trigonometri dikarenakan materi tersebut mencakup konsep matematis dalam permasalahannya serta kesulitan siswa dalam mempelajarinya sehingga dapat membantu peneliti untuk mengetahui konstruksi konsep yang dilakukan oleh siswa dalam menyelesaikan permasalahan materi trigonometri.

Untuk menggambarkan lebih detail konstruksi konsep trigonometri, dibutuhkan kerangka teori berpikir. Salah satu teori yang bisa menjelaskan hal tersebut ialah Teori APOS. Teori APOS adalah singkatan dari *Action, Process, Object*, dan *Schema*. Teori APOS adalah teori bagaimana konsep matematika dapat dipelajari (Arnon *et al.* 2014). Teori APOS ini berfokus pada model tentang apa yang mungkin terjadi di benak seorang individu ketika dia mencoba untuk mempelajari konsep matematika dan menggunakannya model tersebut untuk merancang bahan ajar dan/atau untuk mengevaluasi keberhasilan siswa dan kegagalan dalam menghadapi situasi masalah matematika. Menurut Dubinsky (1991) Teori APOS didasarkan pada premis bahwa seseorang dapat mempelajari konsep matematika apa pun yang disediakan struktur yang diperlukan

untuk memahami konsep tersebut. Menurut Asiala *et al.* (1997) Teori APOS mengasumsikan bahwa pengetahuan matematika yang dimiliki oleh seseorang merupakan asil interaksi dengan orang lain dan hasil konstruksi-konstruksi mental orang tersebut dalam memahami ide-ide matematika. Penelitian terkait Teori APOS salah satunya adalah García-Martínez dan Parraguez (2017) dalam penelitiannya menggunakan Teori APOS sebagai kerangka penelitian dalam menyajikan model kognitif pada penggunaan prinsip-prinsip matematika seperti PMI dan analisisnya dapat menentukan konstruksi yang mendasari kesulitan siswa dan strategi yang digunakan saat melaksanakan kegiatan matematika dengan bilangan asli. Selain itu, dalam penelitian Mulyono (2010) mengenai konsep grafik fungsi, mahasiswa yang memiliki gaya kognitif *field independent* (FI) dalam mengkonstruksi konsep matematika mampu menginterkoneksi aksi dan proses untuk membangun objek serta mampu menghubungkan skema awal serta skema yang dibuat sudah kokoh sedangkan mahasiswa yang memiliki gaya kognitif *field dependent* (FD) dalam mengkonstruksi konsep matematika masih kesulitan dalam menginterkoneksi aksi, proses, dan objek serta skema yang dibuat belum kokoh. Selain itu, dalam penelitian Parraguez dan Oktaç (2010) yang bertujuan untuk membangun konsep ruang vektor yang menerapkan Teori APOS dengan mengusulkan *genetic decomposition* menunjukkan bahwa mahasiswa yang tidak memiliki konstruksi prasyarat menjadi sangat sulit untuk mengembangkan skema konsep ruang vektor yang cukup kuat.

Berdasarkan penjelasan tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “Konstruksi Konsep

Trigonometri Bagi Siswa SMA Berdasarkan Teori APOS”.

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan konstruksi konsep trigonometri bagi siswa SMA berdasarkan Teori APOS. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah: (1) dapat dijadikan sumber informasi serta memberikan wawasan ilmu pengetahuan tentunya mengenai konstruksi konsep trigonometri bagi siswa SMA berdasarkan Teori APOS, (2) dapat memberikan pengalaman kepada siswa dalam mengerjakan permasalahan untuk mengkonstruksikan konsep mengenai materi trigonometri.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan menggunakan pendekatan *APOS Research Cycle* yang bertujuan untuk mendeskripsikan struktur dan mekanisme mental dalam mengkonstruksi konsep trigonometri berdasarkan Teori APOS.

Berdasarkan Arnon *et al.* (2014), *APOS Research Cycle* digambarkan sebagai berikut: (1) tahap analisis teoritis (*theoretical analysis*) di mana dibuatnya hipotesis *genetic decomposition* terkait konsep trigonometri berdasarkan prasyarat, pengalaman penelitian dalam mengajarkan konsep trigonometri, pengetahuan peneliti tentang Teori APOS, pengetahuan matematika, artikel penelitian lainnya terkait penelitian ini, pemahaman peneliti tentang konsep trigonometri, (2) tahap desain instrumen dan pengaplikasian (*instrument design and application*) di mana mulai penyusunan instrumen yang bertujuan untuk mendapatkan informasi yang relevan tentang struktur dan mekanisme mental dalam mengkonstruksi konsep trigonometri oleh siswa. Instrumen tersebut berupa tes tulis matematis

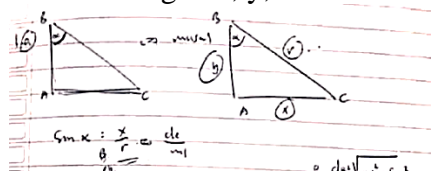
berdasarkan hipotesis *genetic decomposition* dan pedoman wawancara semi-terstruktur, (3) tahap pengumpulan dan analisis data di mana tahap ini adalah tahap akhir dalam *APOS Research Cycle* yaitu dilakukannya pengumpulan data, baik berupa hasil jawaban tes tulis maupun transkrip wawancara. Data-data yang terkumpul dilakukan analisis data kualitatif untuk menunjukkan bukti adanya struktur dan mekanisme mental yang terjadi dalam mengkonstruksi konsep trigonometri. Untuk menganalisis data tersebut, metode studi kasus dianggap tepat karena dapat digunakan untuk melakukan studi mendalam tentang suatu situasi dalam kerangka waktu yang terbatas (Danial & Wasriah, 2009). Studi kasus adalah bagian dari siklus penelitian Teori APOS untuk melakukan analisis yang koheren terhadap pekerjaan siswa dengan *genetic decomposition* yang diusulkan.

Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas XI yang dipilih berdasarkan rekomendasi dari guru mata pelajaran serta yang telah mendapatkan materi trigonometri. Instrumen dalam penelitian ini adalah tes tulis sebanyak 12 soal yang dibuat berdasarkan *genetic decomposition* trigonometri yang dilaksanakan melalui grup *whatsapp* dan wawancara semi-terstruktur melalui *google meet*. Sebelumnya instrumen tes tulis dan pedoman wawancara telah dilakukan uji validitas menggunakan cara *expert judgement* yang dilakukan oleh dosen pembimbing I dan II. Teknik analisis data yang digunakan adalah model Miles dan Huberman yaitu dengan cara reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/ verifikasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Subjek (S) telah menyelesaikan soal tes tulis sebanyak 12 soal. Pada

soal nomor 1a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari sinus  $\alpha$ . Namun S memisalkan panjang sisi tersebut dengan  $x$ ,  $y$ , dan  $r$ .



Gambar 1. Hasil tes S pada soal nomor 1a

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

S : *Ditanyakan tentang perbandingan segitiga yang ditanya  $\sin \alpha$ .  $\sin \alpha$  rumusnya  $\frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}}$ . Jadi saya menggunakan pemisalan jarak antara A ke C yaitu  $x$ , A ke B yaitu  $y$ , dan C ke B yaitu  $r$ . Jadi jawaban saya yaitu  $\sin \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}} = \frac{x}{r}$ .*

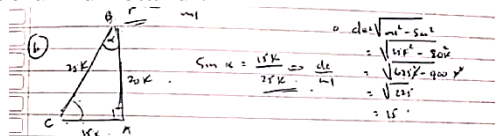
P : *Kalau tidak pakai pemisalan, anda tahu tidak jawabannya seperti apa?*

S :  $\sin \alpha = \frac{AC}{BC}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dengan cara menggunakan rumus perbandingan  $\sin \alpha$  namun karena S membuat pemisalan jadi jawaban akhir yang ditulis adalah pemisalan dari panjang AC yaitu  $x$  dibagi dengan panjang BC yaitu  $r$ . Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 1b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut

dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari sinus  $\alpha$  dan mampu mencari sisi yang belum diketahui.



Gambar 2. Hasil tes S pada soal nomor 1b

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

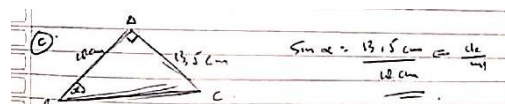
S : Kalau yang  $b$  ini rumusnya tetap sama karena yang ditanyakan  $\sin \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}}$ , karena yang diketahui hanya sisi samping dan sisi miring saja, jadi saya cari terlebih dahulu sisi depan, dengan rumus  $\sqrt{\text{sisi miring}^2 - \text{sisi samping}^2} = \sqrt{25^2 - 20^2} = \sqrt{625 - 400} = \sqrt{225} = 15$ , jadi sisi depan sudah diketahui yaitu 15, jadi jawabannya  $\sin \alpha = \frac{15k}{25k}$ .

P : Oke, menurut anda apakah bisa diperkecil?

S : Bisa jadi  $\frac{3}{5}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari  $\sin \alpha$  dan mampu mencari sisi yang belum diketahui dengan rumus pythagoras serta mampu menyederhanakan bentuk pecahan. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 1c, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari sinus  $\alpha$ . Terdapat koreksi pada hasil akhir yang seharusnya ditulis adalah sisi BC.



Gambar 3. Hasil tes S pada soal nomor 1c

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

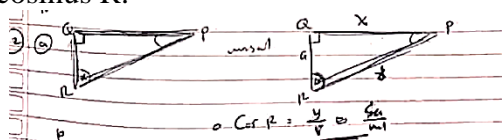
S : Yang bagian  $c$  kalau dilihat dari sudut sebenarnya ada koreksian ya, sebelumnya saya akan memberikan jawaban yang telah saya tulis terlebih dahulu, jadi yang diketahui sisi depan =  $13,5$  cm dan sisi samping =  $18$  cm,  $\sin \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}}$ , sebenarnya di sini saya salah yang  $18$  cm, seharusnya itu sisi samping bukan sisi miring. Jadi ada koreksi dari saya, sisi miringnya dicari terlebih dahulu dengan rumus  $\sqrt{\text{sisi depan}^2 + \text{sisi samping}^2} = \sqrt{13,5^2 + 18^2} = \sqrt{182,25 + 324} = \sqrt{506,25} = 22,5$  cm, jadi seharusnya jawabannya  $\frac{13,5}{22,5}$ .

P : Oke, mengapa awalnya anda bisa menjawab sisi miringnya  $18$  cm?

S : Saya keliru dan saya kurang melihat dari sudut, kalau dilihat dari sudut segitiga itu akan terbalik di mana depan itu  $13,5$  dan seharusnya sisi miring itu di sisi B ke C bukan sisi A ke B.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari  $\sin \alpha$ . S mampu mencari sisi yang belum diketahui dengan rumus pythagoras serta mampu memberikan koreksi jawaban yang seharusnya ia tuliskan dalam hasil jawaban tersebut dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 2a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari cosinus R.



Gambar 4. Hasil tes S pada soal nomor 2a

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

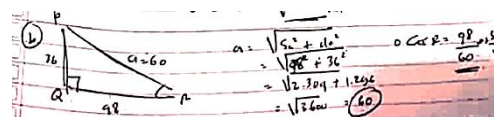
S : *Kalau nomor 2a ini karena yang ditanyakan  $\cos \alpha$ ,  $\cos \alpha$  itu rumusnya  $\frac{\text{sisi samping}}{\text{sisi miring}}$ , jadi saya memakai pemisalan sisi P ke Q yaitu x, sisi R ke P yaitu r, sisi Q ke R yaitu y, jadi  $\cos \alpha = \frac{\text{sisi samping}}{\text{sisi miring}} = \frac{y}{r}$ .*

P : *Kalau y dan r itu sisi yang mana ?*

S : *QR = y dan PR = r, jadi  $\frac{QR}{PR}$ .*

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar nilai perbandingan  $\cos R$  dengan menggunakan rumus perbandingan  $\cos \alpha$  namun karena S membuat pemisalan jadi jawaban akhir yang ditulis adalah pemisalan dari panjang QR yaitu y dibagi dengan panjang PR yaitu r. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 2b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari cosinus R dan mampu mencari sisi yang belum diketahui.



Gambar 5. Hasil tes S pada soal nomor 2b

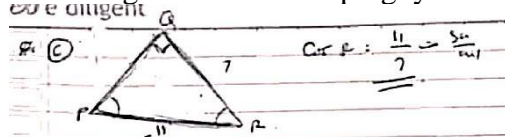
Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

S : *Saya menggunakan rumus mencari sisi miring, dimisalkan sisi miring = a, jadi dicari terlebih dahulu nilai a tersebut dengan rumus  $\sqrt{\text{sisi samping}^2 + \text{sisi depan}^2} = \sqrt{48^2 + 36^2} = \sqrt{2304 + 1296} = \sqrt{3600} = 60$ , jadi sisi miring atau a = 60 cm. Jawabannya  $\cos R = \frac{\text{sisi samping}}{\text{sisi miring}} = \frac{48}{60}$  diperkecil jadi  $\frac{4}{5}$ .*

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari cosinus R. S mampu mencari sisi yang belum diketahui dengan rumus pythagoras dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 2c, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari cosinus R. Terdapat kesalahan dalam menuliskan jawaban akhir seharusnya sisi miring adalah sisi sampingnya.



Gambar 6. Hasil tes S pada soal nomor 2c

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

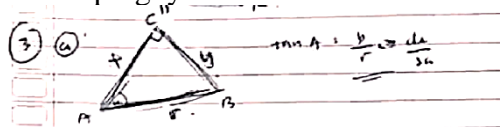
S : Yang ditanyakan adalah  $\cos R = \frac{\text{sisi samping}}{\text{sisi miring}}$ , titik P ke Q adalah sisi depan, titik Q ke R adalah sisi samping, dan titik R ke P adalah sisi miring, di sini sebenarnya saya keliru kak, karena dilihat dari sudut segitiga seharusnya sisi miring yaitu 11 dan sisi samping yaitu 7.

P : Oke, berarti anda sudah tahu ya letak salahnya di mana, jadi jawaban yang benar seharusnya seperti apa?

S : Seharusnya  $\cos R = \frac{7}{11}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari  $\cos R$  dan mampu memberikan koreksi jawaban yang seharusnya jawaban sebenarnya adalah  $\frac{7}{11}$  namun yang dituliskan adalah  $\frac{11}{7}$  serta mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 3a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari tangen A. Terdapat kesalahan dalam menuliskan jawaban akhir seharusnya sisi sampingnya adalah sisi AC.



Gambar 7. Hasil tes S pada soal nomor 3a

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

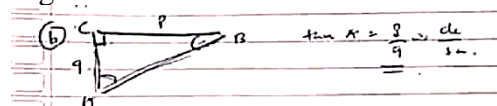
P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Yang ditanya adalah  $\tan \alpha$  dengan rumus  $\frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}}$ , di mana saya menggunakan pemisalan, titik C ke B yaitu dengan  $y$ , A ke B dengan  $r$ , dan

A ke C dengan  $x$ . Sebenarnya saya ada keliru kak, seharusnya jawabannya  $\frac{y}{x}$  di mana sudut segitiga tersebut mengarah ke sisi depan yaitu  $y$  dan sisi samping seharusnya  $x$  bukan  $r$ . Jadi seharusnya jawabannya itu  $\frac{y}{x}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dengan menggunakan rumus perbandingan  $\tan A$ . S mampu memperbaiki hasil jawaban yang sebenarnya yaitu  $\frac{y}{x}$  yang apabila pemisalannya diubah menjadi  $\frac{BC}{AC}$ . Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 3b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari tangen A.



Gambar 8. Hasil tes S pada soal nomor 3b

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

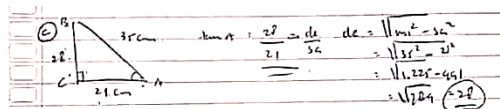
P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Yang ditanyakan adalah  $\tan \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}}$ , tetapi sisi depan sudah diketahui yaitu 8 dan sisi samping yaitu 4, jadi jawabannya  $\frac{8}{4}$  diperkecil menjadi  $\frac{2}{1}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari  $\tan A$ . S mampu menyederhanakan bentuk pecahan dan

mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 3c, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S memulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus untuk mencari perbandingan trigonometri dari tangen A dan mampu mencari sisi yang belum diketahui.



Gambar 9. Hasil tes S pada soal nomor 3c

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

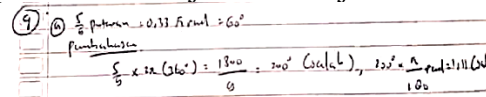
P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Yang ditanyakan adalah  $\tan A = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}}$  di mana sisi samping sudah diketahui yaitu 21 cm dan sisi miring yaitu 35 cm, yang belum diketahui yaitu sisi depan maka dicari terlebih dahulu sisi depan dengan rumus

$$\sqrt{\text{sisi miring}^2 - \text{sisi samping}^2} = \sqrt{35^2 - 21^2} = \sqrt{1225 - 441} = \sqrt{784} = 28 \text{ cm. Jadi substitusikan ke dalam rumus } \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi samping}} = \frac{28}{21} \text{ diperkecil menjadi } \frac{4}{3}.$$

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat menentukan besar suatu nilai perbandingan dari  $\tan A$ , mampu mencari sisi yang belum diketahui dengan rumus pythagoras, mampu menyederhanakan bentuk pecahan, dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 4a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dalam bentuk putaran ke derajat dan derajat ke radian.



Gambar 10. Hasil tes S pada soal nomor 4a

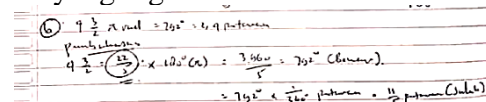
Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Soalnya  $\frac{5}{9}$  putaran =  $0,33\pi \text{ rad} = 60^\circ$ . Kita buktikan apakah benar atau salah.  $\frac{5}{9} \times 2\pi$  atau  $360^\circ = \frac{1.800^\circ}{9} = 200^\circ$  maka pernyataan tersebut salah jika dibandingkan dengan soal. Lalu untuk mencari apakah benar  $0,33\pi \text{ rad}$ , caranya  $200^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} \text{ rad} = 1,11\pi \text{ rad}$  maka pernyataannya salah seharusnya  $1,11\pi \text{ rad}$  bukan  $0,33\pi \text{ rad}$ . Secara keseluruhan pernyataan soal ini adalah salah.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat mencari nilai kebenaran mengenai sudut, derajat, dan radian serta mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 4b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dalam bentuk radian ke derajat dan derajat ke putaran. Terdapat kesalahan dalam menuliskan soal yang digunakan.



Gambar 11. Hasil tes S pada soal nomor 4b



Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Kalau dari soal  $4\frac{3}{2}$  ya kak, maaf kak di soal kakak benar salah soalnya seperti itu?

P : Di soal kakak  $4\frac{2}{3}\pi$  rad.

S : Sebenarnya saya salah soal kak, kurang teliti. Di sini juga sebenarnya ada kesalahan kak, kalau  $4\frac{3}{2}\pi$  rad seharusnya  $(4 \times 2) + 3$  jadi seharusnya  $\frac{11}{2}\pi$  rad.  $\frac{11}{2}\pi$  rad  $\times 180^\circ = 990^\circ$ . Tapi kalau dari soal kakak apakah boleh dihitung ulang?

P : Iya tidak apa-apa, silahkan dicoba saja.

S : Kak, kalau  $4\frac{2}{3}\pi$  rad =  $792^\circ$  pernyataannya salah, caranya  $(4 \times 3) + 2 = 14$  jadi  $\frac{14}{3}\pi$  rad  $\times 180^\circ$ , seharusnya  $840^\circ$  jadi pernyataannya salah. Kalau ke bentuk putaran juga salah kak, saya dapatnya 2,3 putaran caranya  $840^\circ \times \frac{1}{360^\circ}$  putaran = 2,3 putaran jadi secara keseluruhan pernyataan soal ini adalah salah.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat mencari nilai kebenaran mengenai sudut, derajat, dan radian. S mampu memperbaiki hasil jawabannya dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 4c, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dalam bentuk derajat ke radian dan derajat ke putaran.

Handwritten work for problem 4c. It shows the calculation:  $1.500^\circ = 8\pi \text{ rad} = 4 \text{ putaran}$ . Then it calculates  $1.500^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} \text{ rad} = 8,3\pi \text{ rad}$  or  $\frac{25}{3}\pi \text{ rad}$ . The student concludes that the answer is wrong and explains the correct conversion process:  $1.500^\circ$  is changed to  $(4 \times 360^\circ) + 60^\circ$  to get the result  $1.500^\circ$ , then  $(4 \times 360^\circ) \times \frac{1}{360^\circ} + (60^\circ \times \frac{1}{360^\circ}) = 4 + \frac{1}{6}$  rotations.

Gambar 12. Hasil tes S pada soal nomor 4c

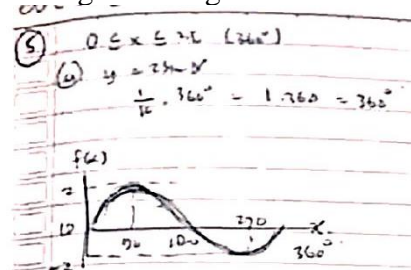
Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Soalnya  $1.500^\circ = 8\pi \text{ rad} = 4$  putaran. Jadi  $1.500^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} \text{ rad} = 8,3\pi \text{ rad}$  atau  $\frac{25}{3}\pi \text{ rad}$  jadi jawabannya salah dan untuk mencari putaran yaitu  $1.500^\circ$  diubah menjadi  $(4 \times 360^\circ) + 60^\circ$  supaya hasilnya menjadi  $1.500^\circ$ , lalu  $((4 \times 360^\circ) \times \frac{1}{360^\circ}) + (60^\circ \times \frac{1}{360^\circ}) = 4 + \frac{1}{6}$  putaran sehingga pernyataannya salah. Jadi secara keseluruhan pernyataan soal ini adalah salah.”

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat mencari nilai kebenaran mengenai sudut, derajat, dan radian. S mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 5a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan soal dan membuat grafik fungsi.



Gambar 13. Hasil tes S pada soal nomor 5a

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

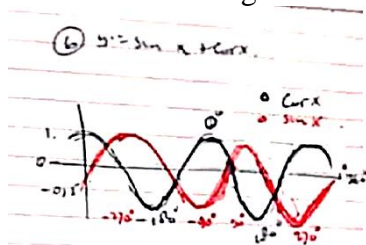
S : Soal ini tentang interval atau grafik ya kak, jadi jawabannya di sini sudutnya sampai  $360^\circ$ , gambar grafik dari  $y = 2 \sin x$  jadi nilai maksimumnya 2 dan nilai minimumnya  $-2$ , sudut yang memenuhi adalah  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $360^\circ$ .

P : Oke, anda tahu dari mana kalau nilai maksimumnya 2 dan nilai minimumnya  $-2$ ?

S : Dari yang  $2 \sin x$ , jadi nilai 2 itu sudah termasuk nilai maksimum.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S dapat membuat grafik fungsi trigonometri dengan caranya sendiri dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 5b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan soal dan membuat grafik fungsi. Terdapat kesalahan dalam membuat grafik dikarenakan pada soal terdapat dua jenis trigonometri yaitu  $\sin x$  dan  $\cos x$  maka dari itu ia membuat dua grafik.



Gambar 14. Hasil tes S pada soal nomor 5b

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Grafik fungsi dari  $y = \sin x + \cos x$ ,  $\cos x$  itu yang tinta pulpen warna

hitam dimulai dari nilai maksimum itu 1 dan nilai minimum itu  $-1$  serta sudut yang memenuhi syarat adalah  $-360^\circ$ ,  $-270^\circ$ ,  $-180^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $360^\circ$  sedangkan yang  $\sin x$  grafik tinta pulpen warna merah dimulai dari nilai minimum yaitu  $-0,5$  di mana sudut yang memenuhi adalah  $-360^\circ$ ,  $-270^\circ$ ,  $-180^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $360^\circ$ .

P : Menurut anda, maksud dari soal ini seperti apa?

S : Kalau menurut saya fungsi  $\sin x + \cos x$ , kalau  $\sin x$  berapa di kuadran negatif jadi menggunakan nilai minimumnya  $-0,5$  dan sudut yang memenuhi syarat  $-270^\circ$ ,  $-180^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $360^\circ$ .

P : Oke, coba dilihat lagi soalnya. Pertanyaannya membuat grafik dari fungsi  $y = \sin x + \cos x$ , jadi jawabannya bukan dua grafik, tapi hanya satu grafik yang nilainya gabungan dari  $\sin x + \cos x$  karena fungsinya adalah satu kesatuan. Bisa dipahami?

S : Iya baik kak, terimakasih kak.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S belum mampu membuat grafik fungsi trigonometri dengan benar karena tidak mampu memahami soal tersebut. Oleh karena itu S belum melakukan mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 6, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan sudut  $120^\circ$  yang berada di kuadran II serta menuliskan relasi sudut dari  $\tan 120^\circ$ .

Gambar 15. Hasil tes S pada soal nomor 6

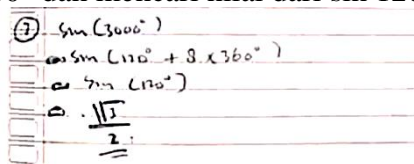
Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

S : *Diketahui sudut  $120^\circ$  terletak di kuadran II jadi untuk  $\tan$  tandanya negatif. Jadi  $\tan 120^\circ = \tan (180^\circ - 60^\circ)$ . Karena di kuadran II tandanya negatif maka  $-\tan 60^\circ$ . Di mana  $\tan 60^\circ = \sqrt{3}$  karena berada di kuadran II maka nilainya  $-\sqrt{3}$ .*

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu mencari relasi sudut dari  $\tan 120^\circ$ . S mampu menuliskan sudut  $120^\circ$  berada pada kuadran II dan mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 7, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara mencari sudut yang mendekati  $\sin 3.000^\circ$  dan mencari nilai dari  $\sin 120^\circ$ .



Gambar 16. Hasil tes S pada soal nomor 7

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

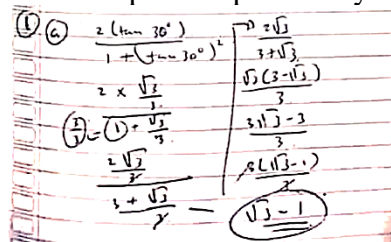
P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

S : *Diketahui  $\sin 3.000^\circ$ .  $\sin 3.000^\circ = \sin (120^\circ + (8 \times 360^\circ))$ ,  $\sin (120^\circ + 2880^\circ)$  menjadi  $\sin 3.000^\circ$ . Karena  $\sin 3.000^\circ$  maka yang diambil  $\sin 120^\circ$ , di mana  $\sin 120^\circ$  ini nilainya  $\frac{1}{2}\sqrt{3}$  atau  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ .*

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu mencari relasi sudut dari  $\sin 3.000^\circ$ ,

mampu mengubah dan menjawab  $\sin 3.000^\circ$  menjadi  $\sin 120^\circ$  serta mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 8a, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan soal dan besar nilai dari  $\tan 30^\circ$ . Terdapat kesalahan pada saat mengoperasikan hasil jawabannya namun S mampu memperbaikinya.



Gambar 17. Hasil tes S pada soal nomor 8a

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : *Coba ceritakan maksud dari soal ini.*

S : *Di sini kan  $\frac{2(\tan 30^\circ)}{1 + (\tan 30^\circ)^2}$ .  $2(\tan 30^\circ)$  ini diubah terlebih dahulu menjadi  $2\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)$ . Jadi  $\frac{2\sqrt{3}}{1 + \frac{\sqrt{3}}{3}}$  di mana  $1 + \frac{\sqrt{3}}{3}$*

*dirasionalkan menjadi  $\frac{2\sqrt{3}}{\frac{3 + \sqrt{3}}{3}}$ . Jadi*

*penyebutnya ini saya coret saja lalu  $\frac{2\sqrt{3}}{3 + \sqrt{3}}$  setelah dirasionalkan lalu saya*

*faktorkan  $\frac{\sqrt{3}(3 - \sqrt{3})}{3}$  setelah di faktorkan, saya kalikan jadi  $\frac{3\sqrt{3} - 3}{3}$*

*lalu  $\frac{3\sqrt{3}}{3} - \frac{3}{3}$  jadi hasilnya  $\sqrt{3} - 1$ .*

P : *Untuk  $1 + (\tan 30^\circ)^2$  ini seharusnya dikuadratkan ya? Di soalnya kan dikuadratkan, tetapi jawaban yang anda tuliskan tidak dikuadratkan, mengapa tidak dikuadratkan?*

S : Oiya salah kak, saya tidak melihat kalau kuadrat karena tulisan kuadratnya kecil,  $\frac{\sqrt{3}}{3}$  dikuadratkan kalau  $\sqrt{3}$  dikuadratkan maka akarnya hilang jadi  $\frac{3}{9}$ . Jadinya  $1 + \frac{3}{9}$ , 1 nya diubah menjadi  $\frac{9}{9} + \frac{3}{9} = \frac{12}{9}$  disederhanakan menjadi  $\frac{4}{3}$ . Lalu penyebutnya sama-sama angka 3 jadi saya coret, jadinya  $\frac{2\sqrt{3}}{4}$  disederhanakan lagi menjadi  $\frac{1}{2}\sqrt{3}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu mencari identitas trigonometri dan mampu memperbaiki serta menjelaskan kembali hasil jawaban yang sebenarnya. Oleh karena itu S telah melakukan mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process*.

Pada soal nomor 8b, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S tidak menjawab soal tersebut dikarenakan ketika mengerjakan, soal tersebut ia loncat terlebih dahulu karena merasa soal tersebut sulit serta kurangnya ketelitian.

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Nomor 8b ini anda tidak mengerjakan ya?"

S : Iya kak, kayaknya kelewat deh kak soalnya yang bagian 8b ini saya masih agak bingung jadinya saya lewat dulu.

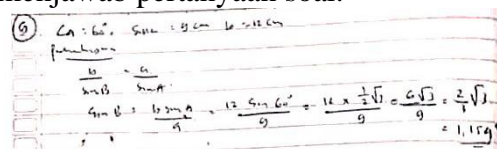
P : Oh begitu, oke tidak apa-apa. Jadi soal ini anda belum tahu caranya atau belum paham?

S : Belum paham cara pengerjaannya.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S belum mampu menyelesaikan soal mengenai identitas trigonometri dikarenakan tidak paham cara untuk menjawab soal

tersebut. Oleh karena itu S belum melakukan mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 9, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dari aturan sinus. Namun hasil jawaban yang dituliskan belum tepat dikarenakan belum sampai menjawab pertanyaan soal.



Gambar 18. Hasil tes S pada soal nomor 9

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : "Diketahui sudut  $A = 60^\circ$ , sisi  $a = 9$  cm, dan sisi  $b = 12$  cm. Pakai rumusnya  $\frac{b}{\sin B} = \frac{a}{\sin A}$ ,  $\sin B = \frac{b \cdot \sin A}{a}$ , substitusikan yang sudah ada jadi  $\sin B = \frac{12 \cdot \sin 60^\circ}{9}$ ,  $\sin B = \frac{12 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{3}}{9}$ ,  $\sin B = \frac{6}{9}\sqrt{3}$  disederhanakan menjadi  $\frac{2}{3}\sqrt{3}$  kalau di desimalkan menjadi 1,154.

P : Menurut anda, ini jawabannya sudah jawaban akhir atau belum?

S : Kalau menurut saya di  $\frac{2}{3}\sqrt{3}$  saja sudah jawaban akhir, tapi kurang tahu.

P : Coba dilihat lagi soalnya. Yang ditanyakan adalah sudut B. Kalau hasil pengerjaan anda itu baru sampai hasil dari  $\sin B$ , besar sudut B itu belum diketahui, maka kita cari. Besar B itu berapa derajat? itu yang ditanyakan dalam soal. Berarti jawaban yang anda tuliskan ini belum selesai ya pengerjaannya.

S : Iya kak, tapi cara mencari sudut saya lupa dan masih agak bingung.

P : Jadi sudut  $B = \sin^{-1} 1,154$ , nah kita pisahkan terlebih dahulu supaya bisa mendapatkan besar sudutnya, jadi  $\sin^{-1} 1 + \sin^{-1} 0,154$ , anda bisa tidak mencari sudut B?

S :  $\sin^{-1} 1 = 90^\circ$  dan  $\sin^{-1} 0,154 = 8,85^\circ$ . Kalau dibulatkan menjadi  $9^\circ$  maka besar sudutnya  $90^\circ + 9^\circ = 99^\circ$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu menuliskan rumus aturan sinus namun belum mampu mencari besar sudut dari nilai sin dikarenakan tidak mengetahui caranya. Setelah diberi penjelasan, S mampu memahami soal dan menjelaskan kembali hasilnya. Oleh karena itu S telah mendekati mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 10, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dari aturan sinus dan mencari sudut yang belum diketahui. Namun terdapat kesalahan dalam menuliskan hasil akhir dan besar sudut yang belum diketahui.

Handwritten work for problem 10:  $a = 11 \text{ cm}$ ,  $\angle A = 30^\circ$ ,  $\angle B = 15^\circ$ . The student uses the sine rule:  $\frac{a}{\sin A} = \frac{c}{\sin B}$ . They calculate  $c = \frac{11 \sin 165^\circ}{\sin 30^\circ}$  and get  $c = 5,676$ .

Gambar 19. Hasil tes S pada soal nomor 10

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Yang diketahui panjang sisi  $a = 11 \text{ cm}$ ,  $\angle A = 30^\circ$  dan  $\angle B = 15^\circ$ , yang ditanyakan adalah panjang sisi  $c$ . Di sini pembahasannya  $\frac{11 \cdot \sin 165^\circ}{\sin 30^\circ}$ ,  $\sin 165^\circ$  itu dari  $180^\circ - 30^\circ + 15^\circ$  jadi  $\frac{11 \cdot 0,258}{0,5} = 5,676$ .

P : Di sini anda menuliskan sudut  $165^\circ$  dapat dari mana?

S : Salah itu kak, seharusnya jawabannya bukan  $165^\circ$  tapi  $135^\circ$ . Saya menghitungnya salah dari  $180^\circ - 30^\circ + 15^\circ$  seharusnya  $180^\circ - 30^\circ - 15^\circ$ . Jadi jawabannya  $c = \frac{11 \cdot \sin 135^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{11 \cdot \frac{1}{2}\sqrt{2}}{\frac{1}{2}} = 11\sqrt{2} \text{ cm}$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu menuliskan rumus aturan sinus namun terdapat kesalahan dalam menghitung sudut yang belum diketahui seharusnya  $135^\circ$  tetapi ia menuliskannya  $165^\circ$ . Setelah diberi penjelasan, S mampu memberikan hasil jawaban yang sebenarnya serta mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah mendekati mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 11, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus dari aturan cosinus. Namun terdapat kesalahan dalam menghitung operasi akar dalam akar.

Handwritten work for problem 11:  $b = 15 \text{ cm}$ ,  $a = 18 \text{ cm}$ ,  $\angle C = 30^\circ$ . The student uses the cosine rule:  $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ . They calculate  $c^2 = 18^2 + 15^2 - 2(18)(15) \cos 30^\circ$ ,  $c^2 = 324 + 225 - 540(\frac{1}{2}\sqrt{3})$ ,  $c^2 = 549 - 270\sqrt{3}$ ,  $c = \sqrt{279\sqrt{3}}$ ,  $c = 16,70(3)$ ,  $c = 50,1 \text{ cm}$ .

Gambar 20. Hasil tes S pada soal nomor 11

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Coba ceritakan maksud dari soal ini.

S : Panjang sisi  $b = 15 \text{ cm}$ , panjang sisi  $a = 18 \text{ cm}$ , dan  $\angle C = 30^\circ$ . Yang ditanyakan adalah panjang sisi  $c$ . Di sini pakai aturan cosinus jadi  $c^2 = a^2 + b^2 - 2.a.b.\cos 30^\circ$ . Substitusikan

menjadi  $c^2 = 18^2 + 15^2 - 2.18.15.\cos 30^\circ$ ,  $c^2 = 324 + 225 - 540.\frac{1}{2}\sqrt{3}$ . Jadi  $-540$  dikalikan terlebih dahulu dengan  $\frac{1}{2}\sqrt{3}$  lalu dijumlahkan dengan  $324 + 225$  jadi hasilnya  $279\sqrt{3}$ .  $C = \sqrt{279\sqrt{3}}$ ,  $\sqrt{3}$  ini diakarkan jadi akarnya hilang, jadi  $\sqrt{279} \times 3 = 16,70 \times 3 = 50,1$  cm.

P : Oke, anda menuliskan  $324 + 225 - 540.\frac{1}{2}\sqrt{3}$ , menurut anda antara  $324$  dan  $540.\frac{1}{2}\sqrt{3}$  bentuknya sama atau tidak?

S : Tidak tahu kak.

P : Karena  $324$  tidak ada  $\sqrt{3}$  jadi tidak bisa digabung penghitungannya.

S : Oh, seharusnya  $324$  dan  $225$  dihitung terlebih dahulu ya hasilnya  $549$ . Jadi  $549 - 270\sqrt{3}$ . Maka  $\sqrt{549 - 467} = \sqrt{82}$  hasilnya mendekati  $9$ . Jadi hasilnya  $9$  cm.

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S mampu menuliskan rumus aturan cosinus namun terdapat kesalahan dalam mengoperasikan hasil penghitungan akar dalam akar. Setelah diberi penjelasan, S mampu memberikan hasil jawaban yang sebenarnya serta mampu menjelaskan kembali. Oleh karena itu S telah mendekati mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*.

Pada soal nomor 12, bertujuan untuk mengukur mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*. S mulai menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menuliskan rumus yang ia tahu yaitu  $P^2 + R^2$ . Namun terdapat kesalahan dalam menjawab soal.

Handwritten work for problem 12:

$$\begin{aligned} (12) \quad p^2 + r^2 &= p^2 + r^2 \\ &= 16^2 + 20^2 \\ &= 256 + 400 \\ &= 656 \end{aligned}$$

Gambar 21. Hasil tes S pada soal nomor 12

Hal ini didukung dengan wawancara Peneliti (P) dengan Subjek (S) sebagai berikut.

P : Menurut anda, nomor 12 ini yang ditanya apa?

S : Yang ditanya besar sudut kak.

P : Lalu yang anda jawab ini besar apa?

S : Tidak tahu kak, yang saya hafal rumusnya yang itu.

P : Oke, saya koreksi ya, karena yang ditanya sudutnya jadi rumus aturan cosinusnya kita balik, yang ditanyakan sudut P dan sudut R, jadi  $\cos P = \frac{q^2 + r^2 - p^2}{2.q.r}$  dan  $\cos R = \frac{q^2 + p^2 - r^2}{2.q.p}$ . Karena yang ditanya jumlah kedua sudut P dan R maka cara mudahnya kita cari saja sudut yang tidak ditanyakan lalu hasilnya akan kita kurangi dengan besar sudut segitiga yaitu  $180^\circ$ .

S : Berarti cari sudut Q saja ya kak, jadi  $\cos Q = \frac{p^2 + r^2 - q^2}{2.p.r} = \frac{16^2 + 20^2 - 18^2}{2.16.20} = \frac{256 + 400 - 324}{640} = \frac{332}{640} = 0,51$ .

P : Iya, jadi hasil  $\cos^{-1} 0,51 = 58,75^\circ = 59^\circ$ . Maka besar kedua sudut lainnya berapa?

S :  $180^\circ - 59^\circ = 121^\circ$ .

Berdasarkan jawaban tes tertulis dan wawancara pada soal ini, S belum mampu mencari sudut-sudut yang ditanyakan dalam soal serta terdapat kesalahan dalam penggunaan rumus. Setelah diberi penjelasan, S mampu memahami cara mencari sudut Q sesuai yang ditanyakan dalam soal. Oleh karena itu S belum melakukan mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object*.

### Konstruksi Konsep Trigonometri

Berdasarkan paparan data Subjek (S) pada soal nomor 1, 2, dan 3 bahwa S dapat menjawab soal nomor 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b, dan 3c dengan benar. Namun pada soal nomor

1c, 2c, 3a, S melakukan koreksi pada hasil akhir, yang seharusnya sisi miringnya BC namun yang ia tuliskan adalah AB, sisi samping dan sisi miring terbalik yaitu  $\frac{11}{7}$  menjadi  $\frac{7}{11}$ , sisi miring menjadi sisi samping yaitu  $\frac{y}{r}$  menjadi  $\frac{y}{x}$ . Namun S mampu mengerjakan soal dan menjelaskan kembali cara menjawab soal tersebut mengenai perbandingan trigonometri  $\sin \alpha$ ,  $\cos R$ , dan  $\tan A$ . Oleh karena itu, mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process* pada S sudah sempurna.

Berdasarkan paparan data Subjek (S) pada soal nomor 4 bahwa S dapat menjawab soal nomor 4a dan 4c dengan benar. Pada soal nomor 4b, terdapat kesalahan dalam mengerjakan soal tersebut dikarenakan ia kurang teliti dalam melihat soal yang diberikan dan salah menuliskan soal yang digunakan. S mampu menjawab serta menjelaskan kembali hasil akhir yang didapatkan mengenai soal yang sebenarnya. Oleh karena itu, mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* menuju tahap *process* pada S sudah sempurna.

Berdasarkan paparan data Subjek (S) pada soal nomor 5 bahwa S mampu menjawab soal nomor 5a dengan benar. Pada soal nomor 5b, terdapat kesalahan dalam membuat grafik dikarenakan grafik yang ia buat ada dua sebab ia melihat dari adanya dua jenis trigonometri yaitu  $\sin x$  dan  $\cos x$ . Selain itu, sudut-sudut yang ia gunakan belum sesuai dengan interval yaitu  $0 \leq x \leq 2\pi$ . Oleh karena itu, mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object* pada S belum sempurna.

Berdasarkan paparan data Subjek (S) pada soal nomor 6 dan 7 bahwa S dapat menjawab soal nomor 6 dan 7 dengan benar. S mampu mencari

relasi sudut dari  $\tan 120^\circ$  dan  $\sin 3.000^\circ$  serta mampu menjelaskan kembali cara menyelesaikan soal tersebut berdasarkan jawaban yang telah dituliskan. Oleh karena itu, mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process* pada S sudah sempurna.

Berdasarkan paparan data Subjek (S) pada soal nomor 8, 9, 10, 11, 12, bahwa S belum mampu menjawab soal nomor 8a, 8b, 9, 10, 11, dan 12 dengan benar. Pada soal nomor 8a terdapat kesalahan dalam menghitung penyebutnya, dikarenakan tidak dikuadratkan, soal nomor 8b S tidak mampu menjawab dikarenakan soal yang diberikan termasuk soal yang sulit dan ia lupa dengan cara pengerjaannya, soal nomor 9 jawaban yang diberikan belum selesai dikarenakan ia belum mencari besar sudut dari nilai  $\sin$  serta masih kurang tepat dalam memahami yang ditanyakan pada soal tersebut, soal nomor 10 terdapat kesalahan dalam penghitungan sudut yang belum diketahui namun setelah diberi penjelasan S mampu menjelaskan kembali cara menyelesaikan soal tersebut, soal nomor 11 terdapat kesalahan dalam menghitung akar dalam akar namun rumus yang digunakan sudah tepat, dan soal nomor 12 S belum mampu mencari sudut-sudut yang ditanyakan dalam soal serta terdapat kesalahan dalam penggunaan rumus. Oleh karena itu, mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object* pada S belum sempurna.

### Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap Subjek (S) dapat dikatakan bahwa konstruksi konsep trigonometri cukup baik. Pada mekanisme mental *interiorization* sudah sempurna. S dapat menjawab benar mengenai nilai

perbandingan trigonometri dari  $\sin \alpha$ ,  $\cos R$ , dan  $\tan A$ . Namun terdapat kesalahan dalam menentukan sisi miring dan sisi samping. S mampu memperbaiki hasil akhirnya dari soal tersebut. Kesalahan siswa dalam menuliskan rumus nilai perbandingan trigonometri yaitu siswa masih tertukar dalam menggunakan rumus–rumus dari nilai trigonometri dan sebagian siswa tidak mengetahui bahwa rumus–rumus tersebut digunakan pada segitiga siku–siku saja (Jatisunda & Nahdi, 2019).

Pada mekanisme mental *assimilation* sudah sempurna. S dapat menjawab benar mengenai sudut dalam derajat dan radian serta alasan yang diberikan sesuai dan lengkap. Namun terdapat kesalahan dalam menuliskan salah satu soal sehingga jawabannya tidak sesuai. Kesalahan memahami soal yaitu siswa tidak mengetahui maksud dari pertanyaan pada soal dan kesalahan pada keterampilan proses yaitu tidak mampu melakukan prosedur atau langkah–langkah yang akan digunakan untuk menyelesaikan soal (Amalia *et al.* 2018).

Pada mekanisme mental *encapsulation* belum sempurna. Jawaban S pada soal 5a sudah benar, namun terdapat kesalahan untuk soal 5b dalam membuat grafik dikarenakan tidak memahami maksud dari soal tersebut serta sudut–sudut yang ia gunakan belum sesuai dengan interval yaitu  $0 \leq x \leq 2\pi$ . Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Priyanto *et al.* (2015) bahwa penyebab siswa melakukan kesalahan dalam membaca soal yaitu siswa tidak mengetahui makna dari soal yang akan dikerjakan. Menurut Siyepu (2015) siswa perlu mengetahui konsep fungsi terlebih dahulu dan dapat membedakan fungsi trigonometri dari fungsi lainnya serta mampu mengetahui karakteristik unik dari fungsi trigonometri, dalam hal

ini yaitu nilai–nilai antar sudut untuk membuat grafik fungsi berdasarkan fungsi yang ditanyakan.

Pada mekanisme mental *de-encapsulation* sudah sempurna. S dapat menjawab benar mengenai relasi sudut apabila yang diketahui sudutnya yaitu  $\tan 120^\circ$  dan  $\sin 3.000^\circ$ . S mampu memahami soal yang diketahui serta yang ditanyakan dalam soal dengan baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zain *et al.* (2017) bahwa tidak ada kesalahan karena siswa sudah bisa dalam menentukan apa saja informasi–informasi yang ada pada soal dan sudah bisa menentukan apa saja yang ditanyakan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Fatimah *et al.* (2017) bahwa tes kemampuan pemahaman trigonometri dilakukan sebagai tolak ukur keberhasilan konstruksi pengetahuan trigonometri siswa.

Pada mekanisme mental *coordination* belum sempurna. S belum mampu memahami soal yang ditanyakan serta mengalami kesalahan dalam mengoperasikan penjumlahan yang memiliki akar dan belum mampu mencari sudut yang ditanyakan dalam soal. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rachman dan Saripudin (2020) bahwa siswa mengalami kesalahan dalam menggunakan rumus yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan, siswa tidak mengingat rumus, dan siswa tidak memahami informasi dari soal. Kesulitan dan hambatan yang dirasakan oleh siswa dalam memilih konsep/rumus yang ada dalam menyelesaikan permasalahan sehingga siswa belum mampu menggunakan rumus trigonometri dengan tepat (Hidayat & Aripin, 2020; Subroto & Sholihah, 2018).



## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa konstruksi konsep trigonometri yang diusulkan melalui *genetic decomposition* berdasarkan Teori APOS yang telah dilakukan oleh Subjek (S) dengan tes tulis dan wawancara pada mekanisme mental *interiorization* yaitu tahap *action* menuju tahap *process* sudah sempurna, mekanisme mental *assimilation* yaitu tahap *action* dengan adanya *schema* baru yaitu *schema* sudut dalam derajat dan radian menuju tahap *process* sudah sempurna, mekanisme mental *encapsulation* yaitu tahap *process* menuju tahap *object* belum sempurna, mekanisme mental *de-encapsulation* yaitu tahap *object* menuju tahap *process* sudah sempurna, mekanisme mental *coordination* yaitu tahap *object* menuju tahap *object* belum sempurna

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R., Aufin, M., & Khusniah, R. (2018). Analisis kesalahan dalam menyelesaikan soal cerita pada pokok bahasan persamaan linier berdasarkan newman kelas X-Mia di SMA Bayt Al-Hikmah Kota Pasuruan. *Seminar Nasional Matematika Dan Pendidikan Matematika, II*, 346–359. Cirebon.
- Arnon, I., Cottrill, J., Hadley, D., Oktac, A., Fuentes, S. R., Trigueros, M., & Well, K. (2014). APOS theory a framework for research and curriculum development in mathematics education. *Springer New York Heidelberg Dordrecht London*, 71(3), i-254. <https://doi.org/10.5840/acpq199771338>
- Asiala, M., Cottrill, J., Dubinsky, E., & Schwingendorf, K. E. (1997). The development of students' graphical understanding of the derivative. *Journal of Mathematical Behavior*, 16(4), 399–431. [https://doi.org/10.1016/s0732-3123\(97\)90015-8](https://doi.org/10.1016/s0732-3123(97)90015-8)
- Danial dan Wasriah. (2009). Metode Penelitian Karya Ilmiah, Bandung: Laboratorium Pendidikan Kewarganegaraan UPI.
- Dubinsky, E., & McDonald, M. A. (2001). APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research. In *The teaching and learning of mathematics at university level* (Vol. 7). Retrieved from <http://www.springerlink.com/content/v213717886v31357/>
- Fatimah, A. T., Amam, A., & Effendi, A. (2017). Konstruksi pengetahuan trigonometri kelas X melalui geogebra dan LKPD. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 1(2), 178–188. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v1i2.596>
- García-Martínez, I., & Parraguez, M. (2017). The basis step in the construction of the principle of mathematical induction based on apos theory. *Journal of Mathematical Behavior*, 46, 128–143. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.04.001>
- Hidayat, W., & Aripin, U. (2020). Identifikasi kesalahan jawaban mahasiswa pada mata kuliah trigonometri berdasarkan dimensi pengetahuan krathwohl. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 4(1), 142–153. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v4i1.3316>

- Jatisunda, M. G., & Nahdi, D. S. (2019). Kesulitan siswa dalam memahami konsep trigonometri di lihat dari learning obstacles. *Didactical Mathematics*, 2(1), 9–16.
- Khotimah, K., Yuwono, I., & Rahardjo, S. (2016). Penerapan pembelajaran inkuiri untuk meningkatkan hasil belajar trigonometri pada siswa kelas X. *Jurnal Pendidikan*, 1(11), 2158–2162.
- Mulyono, M. (2010). Proses berpikir mahasiswa dalam mengkonstruksi konsep matematika. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2010*, G.1-G.8. Semarang.
- Ni'mah, R., Sunismi, S., & Fathani, A. H. (2018). Kesalahan konstruksi konsep matematika dan scaffolding-nya. *EduDikara*, 3(2), 162–171.
- Parraguez, M., & Oktaç, A. (2010). Construction of the vector space concept from the viewpoint of apos theory. *Linear Algebra and Its Applications*, 432, 2112–2124.  
<https://doi.org/10.1016/j.laa.2009.06.034>
- Priyanto, A., Suharto, S., & Trapsilasiwi, D. (2015). Analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan soal cerita matematika pokok bahasan teorema pythagoras berdasarkan kategori kesalahan newman di kelas VIII A SMP Negeri 10 Jember. *Artikel Ilmiah Mahasiswa*, 1(1), 1–5.
- Rachman, A. F., & Saripudin, S. (2020). Analisis kesalahan siswa kelas XI pada materi trigonometri. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 126–133.  
<https://doi.org/10.36513/sigma.v5i2.692>
- Ramdani, Y. (2006). Kajian pemahaman matematika melalui etika pemodelan matematika. *Jurnal Sosial Dan Pembangunan*, 22(1), 2. Retrieved from <https://ejournal.unisba.ac.id/index.php/mimbar/article/view/198>
- Siyepu, S. W. (2015). Analysis of errors in derivatives of trigonometric functions. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–16.  
<https://doi.org/10.1186/s40594-015-0029-5>
- Soeprianto, H. (2009). Penerapan pembelajaran nilai-nilai yang terintegrasi dalam mata pelajaran matematika. 4(2), 29–37.
- Subanji, S. (2017). Berpikir matematis dalam mengonstruksi konsep matematika: sebuah analisis secara teoritis dan praktis. *Seminar Nasional Matematika Di Pascasarjana Universitas Negeri Malang*, (April), 1–13.
- Subroto, T., & Sholihah, W. (2018). Analisis hambatan belajar pada materi trigonometri dalam kemampuan pemahaman matematis siswa. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 1(2), 109–120.  
<https://doi.org/10.30738/indomath.v1i2.2624>
- Syaban, M. (2006). Matematika dalam era globalisasi. *Educare*, 1(1), 33–36. Retrieved from <http://jurnal.fkip.unla.ac.id/index.php/educare/article/view/3/3>
- Zain, A. N., Supardi, L., & Lanya, H. (2017). Analisis kesalahan siswa dalam menyelesaikan materi trigonometri. *Sigma*, 3(1), 12–16. Retrieved from <http://ejournal.unira.ac.id>