



Integrasi Intuisi Visual dan Logika Formal pada Mekanisme *Sense-Making* Geometri Berbasis Konflik Kognitif

Siti Rukayah¹, SuryaSariFaraDiba^{2*}

¹ Mahasiswa Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Islam Malang, Malang

² Pendidikan Matematika, Pascasarjana, Universitas Islam Malang, Malang

22502072020@unisma.ac.id

Abstract

The dominance of formula memorization often constrains students' spatial understanding. This article investigates how Meyvira, an eleventh-grade student, navigates a cognitive transition from procedural computation to qualitative geometric reasoning when confronted with a PISA-based problem. Employing a Think Aloud approach within a single-case study design, this research reveals a critical moment in which cognitive conflict stimulates the emergence of intuitive visualization as a valid proof strategy. The findings provide new insights into the mechanisms of mathematical sense-making and offer significant implications for educators in designing instruction that balances formal logic with visual intuition to foster deeper mathematical understanding.

Keywords: Geometry, Cognitive Conflict, Sense-Making, Think Aloud.

Abstrak

Dominasi hafalan rumus sering membelenggu pemahaman spasial siswa. Artikel ini menginvestigasi bagaimana Meyvira, seorang siswa kelas 11 yang menavigasi transisi kognitif dari komputasi prosedural menuju penalaran geometri kualitatif saat menghadapi masalah PISA. Melalui metode *Think Aloud* pada studi kasus tunggal, penelitian ini menyingkap momen krusial ketika konflik kognitif justru memicu lahirnya visualisasi intuitif sebagai strategi pembuktian yang valid. Temuan ini menawarkan wawasan baru tentang mekanisme *sense-making*, memberikan implikasi vital bagi pendidik untuk merancang pembelajaran yang menyeimbangkan logika formal dan intuisi visual demi pemahaman matematika yang lebih mendalam.

Kata Kunci: Geometri, Konflik Kognitif, *Sense-Making*, *Think Aloud*

1. PENDAHULUAN

Geometri menempati kedudukan sentral dalam kurikulum matematika Sekolah Menengah Atas (SMA/MA), khususnya pada tingkat kelas 11, saat kompleksitas materi mulai beralih dari pengenalan bentuk dasar menuju analisis ruang yang lebih abstrak (Putu Ade Andre Payadnya et al., 2023). Sebagai salah satu cabang matematika tertua, geometri tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk memahami ruang fisik, tetapi juga sebagai wahana utama untuk melatih logika deduktif dan kemampuan visualisasi spasial siswa (Lubis et al., 2025). Penguasaan konsep-konsep geometri pada tingkat ini

menjadi krusial karena materi tersebut merupakan fondasi bagi pemahaman topik matematika lanjut maupun aplikasi dalam disiplin ilmu lain.

Namun, realitas di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan kompetensi yang nyata. Siswa pada tingkat SMA/MA sering kali menunjukkan kecakapan dalam menjalankan prosedur matematis algoritmik, seperti menghitung luas, keliling, atau besar sudut menggunakan rumus baku, tetapi mengalami kesulitan signifikan ketika dihadapkan pada tugas yang menuntut penalaran geometri kualitatif (Erbilgin & Gningue, 2023). Fenomena ini mengindikasikan bahwa kemampuan prosedural siswa tidak selalu berbanding lurus dengan pemahaman konseptual mereka. Siswa cenderung terjebak pada manipulasi simbol tanpa memahami sifat intrinsik objek geometri yang sedang mereka pelajari.

Akar permasalahan ini sering kali bermuara pada praktik pembelajaran di kelas yang cenderung menekankan formalitas aksiomatik dan hafalan rumus (Kalaycı Alas & Korutürk, 2024). Dalam ekosistem pembelajaran semacam ini, aspek pemaknaan (*sense-making*) atau proses pemaknaan konsep sering kali terabaikan (Gilmore, 2023). Representasi visual dan penalaran diagramatik, yang seharusnya menjadi jembatan menuju pemahaman formal, justru dipandang sekadar ilustrasi pelengkap dan bukan sebagai alat berpikir utama (Putu Ade Andre Payadnya et al., 2023). Akibatnya, siswa kehilangan kesempatan untuk mengembangkan kedalaman pemahaman yang diperlukan untuk memecahkan masalah geometri nonrutin.

Di sinilah geometri kualitatif memegang peranan vital dalam pendidikan matematika (Jablonski, 2024). Berbeda dengan geometri metrik yang berfokus pada perhitungan numerik, geometri kualitatif menekankan interpretasi, visualisasi, dan identifikasi hubungan antarelemen geometri tanpa bergantung pada angka-angka spesifik (Hidayat & Zubaidah, 2023). Pendekatan ini menuntut siswa untuk memahami konfigurasi spasial dan sifat-sifat invarian suatu bentuk melalui analisis logis, bukan sekadar substitusi nilai ke dalam persamaan.

Penguasaan geometri sangat penting untuk mengembangkan serangkaian kompetensi kognitif tingkat tinggi, termasuk intuisi spasial, pemahaman struktur, dan kemampuan membangun argumentasi informal (Gupta et al., n.d.). Lebih jauh lagi, kemampuan ini memfasilitasi siswa dalam menghubungkan berbagai representasi matematis, mulai dari representasi verbal, gambar skematik, hingga diagram mental. Tanpa kemampuan kualitatif yang memadai, siswa akan kesulitan menghadapi masalah geometri kompleks yang memerlukan fleksibilitas berpikir dan transformasi representasi.

Literatur pendidikan matematika secara konsisten menyoroiti bahwa kemampuan kualitatif ini merupakan prasyarat fundamental atau penopang (*scaffolding*) penting menuju geometri deduktif tingkat lanjut (Greenstein, 2014). Sebelum siswa mampu menyusun pembuktian formal yang ketat, mereka perlu memiliki kemampuan

untuk melihat kebenaran geometri melalui penalaran intuitif dan kualitatif. Kegagalan dalam membangun fondasi kualitatif ini sering kali menjadi prediktor utama kesulitan belajar siswa pada materi geometri ruang (dimensi tiga) atau geometri analitik yang lebih lanjut.

Meskipun urgensi pengembangan penalaran kualitatif telah diakui, penelitian geometri di tingkat sekolah menengah masih didominasi oleh studi kuantitatif yang berfokus pada generalisasi hasil belajar atau efektivitas model pembelajaran tertentu (Mukerjee, 1991). Masih terdapat kelangkaan literatur yang melakukan eksplorasi mendalam (deep exploration) terhadap proses kognitif siswa. Penelitian yang ada cenderung melihat hasil akhir (produk) daripada proses berpikir itu sendiri sehingga nuansa mikro mengenai cara siswa berinteraksi dengan konsep geometri sering kali terlewatkan.

Secara spesifik, masih sedikit studi yang membedah secara rinci bagaimana seorang siswa SMA/MA secara nyata membangun pemahaman geometri dalam waktu nyata (real-time). Dinamika representasi mental, transisi antarmode berpikir, serta kemunculan miskonsepsi saat melakukan penalaran nonnumerik jarang diamati secara mendalam. Celah penelitian ini menyisakan pertanyaan besar mengenai mekanisme internal siswa ketika mereka mencoba memaknai (making sense) objek geometri tanpa bantuan angka.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memusatkan perhatian pada Kasus Meyvira (The Case of Meyvira) untuk membedah kompleksitas kognitif yang terjadi saat siswa berinteraksi dengan masalah geometri nonrutin. Secara spesifik, studi ini menyelidiki cara Meyvira memproses informasi visual dan proposisional untuk memahami serta menginterpretasi objek-objek geometri di luar konteks metrik standar. Fokus analisis diarahkan pada mekanisme internal subjek dalam membangun hubungan yang koheren antara bentuk, sifat-sifat fundamental, serta struktur ruang yang melingkupinya tanpa bantuan operasi aritmetika yang biasanya menjadi tumpuan utama siswa.

Lebih lanjut, eksplorasi ini menelusuri dinamika penggunaan strategi visual dan verbal yang diterapkan subjek saat mentransformasikan berbagai mode representasi dalam menghadapi masalah nonnumerik. Proses ini jarang berjalan linier; oleh karena itu, penelitian ini juga menyoroti bagaimana Meyvira mengatasi kebingungan dan mengelola konflik kognitif yang muncul ketika intuisi visualnya berbenturan dengan prinsip geometri formal. Analisis mendalam dilakukan untuk melihat deteksi dan koreksi miskonsepsi, serta perkembangan penalaran kualitatif yang selaras dengan tingkat kematangan kognitif siswa SMA/MA.

Berdasarkan fokus mendalam tersebut, tujuan utama penelitian ini adalah menyajikan deskripsi tebal (thick description) mengenai proses Meyvira dalam memaknai geometri kualitatif. Penelitian ini tidak sekadar bertujuan memaparkan jawaban benar atau salah, melainkan menyingkap arsitektur berpikir siswa secara waktu nyata. Dengan

memetakan jejak kognitif ini, penelitian berupaya memvisualisasikan konstruksi makna geometri secara bertahap melalui interaksi antara persepsi visual dan penalaran logis.

Sintesis dari analisis kasus tunggal ini diharapkan bermuara pada perumusan pola atau model pemaknaan geometri kualitatif yang representatif bagi siswa SMA/MA. Model empiris yang dihasilkan dari studi ini memiliki nilai strategis sebagai dasar pengembangan teori pembelajaran geometri yang lebih inklusif, pedoman praktis bagi pendidik dalam merancang skenario pembelajaran yang menantang, serta rujukan valid dalam desain tugas maupun instrumen asesmen yang difokuskan pada penguatan penalaran kualitatif siswa.

Melalui pencapaian tujuan tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi ilmiah yang signifikan, baik pada tataran teoretis maupun praktis. Secara teoretis, temuan ini memperkaya khazanah literatur pendidikan matematika dengan menyajikan perspektif mikroanalitis mengenai konstruksi pemahaman geometri di luar dominasi angka, sekaligus mengisi celah epistemologis terkait proses pemaknaan yang sering luput dalam kajian berskala besar. Secara praktis, pemetaan mendalam terhadap strategi adaptif dan hambatan kognitif yang dialami subjek menyediakan landasan empiris yang kokoh bagi para pendidik dan pengembang kurikulum. Hal ini krusial untuk merancang intervensi pedagogis yang lebih presisi guna memfasilitasi transisi siswa dari pemahaman intuitif menuju penalaran geometri formal yang matang dalam ekosistem pembelajaran di sekolah menengah.

2. METODE PENELITIAN

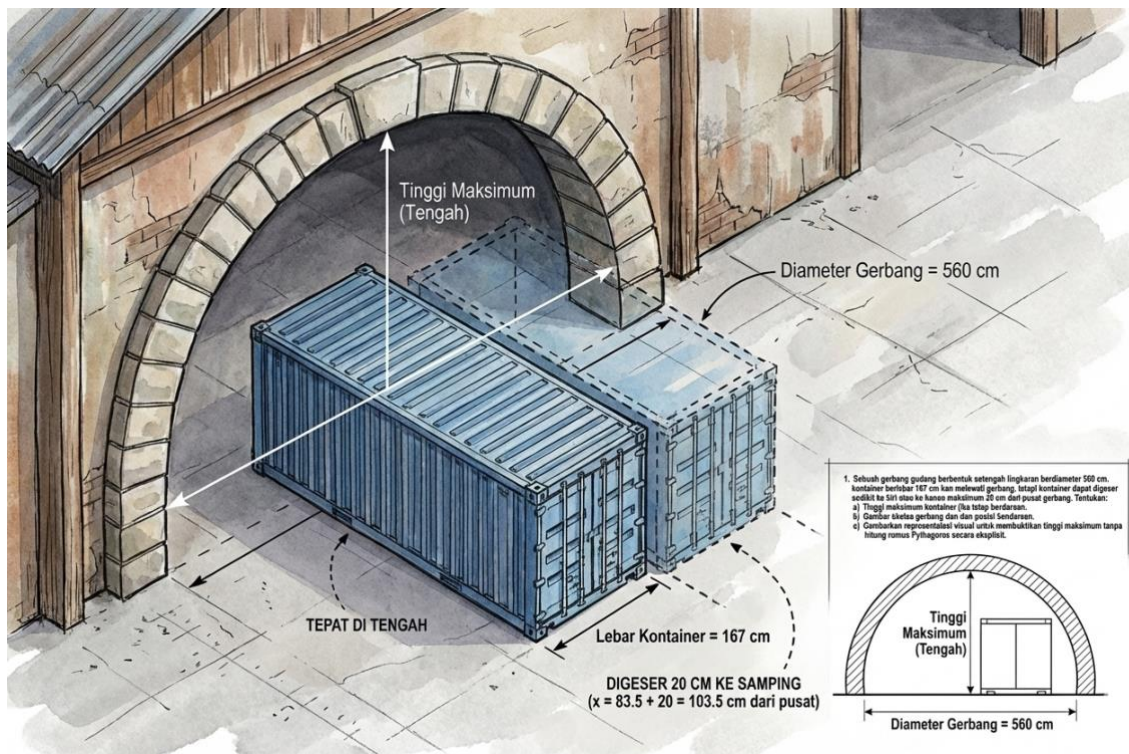
Penelitian ini menggunakan desain penelitian kualitatif dengan jenis studi kasus tunggal (*single case study*) untuk mengeksplorasi secara mendalam fenomena kognitif siswa dalam memahami geometri. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya memfasilitasi investigasi mikroskopis terhadap proses mental yang tidak terlihat (*covert*), yang menjadi fokus utama dalam kasus Meyvira. Dalam konteks ini, studi kasus tidak bertujuan melakukan generalisasi statistik, melainkan generalisasi analitis untuk memahami mekanisme pemaknaan (*sense-making*) siswa. Desain ini memungkinkan peneliti membedah cara subjek mengonstruksi makna, menghubungkan konsep visual-spasial, dan menavigasi hambatan epistemologis tanpa intervensi angka secara mendetail.

Partisipan dalam penelitian ini juga didukung oleh wali dari ananda Meyvira sebagai subjek penelitian yang dipilih melalui teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria spesifik yang relevan dengan metode *Think Aloud* dan tidak keberatan datanya untuk dipublish. Selain sedang menempuh materi geometri kelas 11, kriteria utama pemilihan subjek adalah kemampuan artikulasi verbal yang baik, yang merupakan prasyarat mutlak agar metode *Think Aloud* dapat berjalan efektif. Meyvira diposisikan sebagai informan kunci yang merepresentasikan siswa dengan tantangan transisi dari prosedural ke konseptual. Penelitian dilakukan dalam latar natural (*naturalistic setting*) terkendali untuk meminimalkan kecemasan subjek dan menjaga autentisitas aliran berpikirnya saat berinteraksi dengan masalah yang diberikan.

Teknik pengumpulan data utama yang diterapkan adalah metode *Concurrent Think Aloud Protocols* (TAP). Berbeda dengan wawancara konvensional yang bersifat tanya

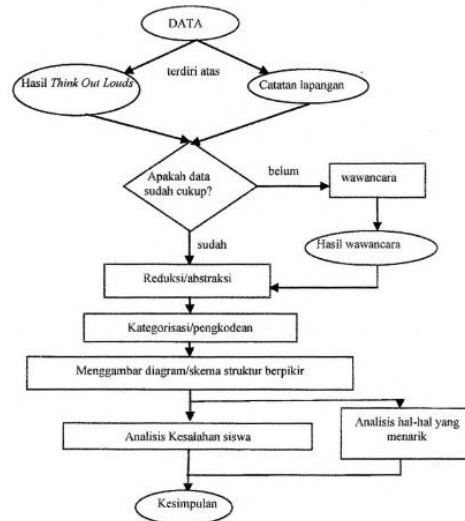
jawab, dalam metode ini Meyvira diminta untuk menyuarakan secara lantang (*verbalize*) segala hal yang melintas dalam pikirannya secara terus-menerus selama proses pemecahan masalah berlangsung, bukan setelahnya. Teknik ini memungkinkan peneliti untuk mengakses "kotak hitam" kognisi siswa secara waktu nyata (*real-time*), menangkap keraguan, strategi *trial-and-error*, serta momen "aha!" yang muncul. Data verbal ini kemudian didukung oleh wawancara retrospektif sesaat setelah tugas selesai untuk mengklarifikasi bagian-bagian yang ambigu dari verbalisasi sebelumnya.

Instrumen penelitian terdiri atas peneliti sebagai instrumen utama (*human instrument*) yang mengarahkan jalannya pengambilan data, serta Lembar Tugas Geometri (LTG) yang didesain khusus memuat masalah kualitatif yang memicu eksplorasi sifat dan hubungan antarbentuk. Untuk merekam data yang kompleks ini, digunakan alat perekam audiovisual beresolusi tinggi. Perekaman visual menjadi krusial dalam metode *Think Aloud* untuk menyinkronkan hal yang diucapkan subjek dengan hal yang dilakukan tangannya (gestur penunjuk, coretan gambar, atau manipulasi objek) sehingga data yang diperoleh merupakan integrasi antara protokol verbal dan perilaku nonverbal. Berikut adalah soal yang digunakan dalam lembar tugas geometri tersebut.



Gambar 1. LTG Siswa Berbasis PISA

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis protokol think aloud yang diadaptasi ke dalam kerangka kerja Miles, Huberman, dan Saldaña. Langkah analisis dimulai dengan transkripsi verbatim seluruh rekaman menjadi data teks, yang kemudian dipecah menjadi segmen-segmen protokol (*segmentation*) berdasarkan unit ide atau langkah berpikir. Setiap segmen kemudian dikodekan (misalnya: *visualizing*, *conjecturing*, *validating*) untuk memetakan arsitektur kognitif Meyvira. Hubungan antarkode dianalisis untuk menemukan pola pemaknaan (*sense-making*) yang konsisten. Keabsahan data diuji melalui triangulasi metode (membandingkan protokol verbal dengan hasil kerja tertulis) dan *member checking* untuk memastikan interpretasi peneliti selaras dengan maksud subjek. Berikut tahapan analisis data yang tertera dalam gambar dibawah.



Gambar 2. Tahap Analisis Data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi dianalisis lebih mendalam secara mikrogenetik (*micro-genetic analysis*) untuk menangkap momen-momen krusial ketika terjadi ketegangan kognitif atau disekuilibrium. Pada fase ini, gumaman (*inner speech*) dan keraguan subjek menjadi data vital yang menyingkap adanya konflik antara intuisi visual dan kebiasaan prosedural. Berdasarkan catatan lapangan dan wawancara retrospektif, Meyvira teramati mengalami kebingungan spesifik saat diminta membuat representasi visual tanpa perhitungan. Tabel 1 berikut merangkum dinamika *inner speech* tersebut dalam rentang waktu kritis, serta memperlihatkan bagaimana konflik kognitif memicu perubahan strategi dari fiksasi pada rumus menuju eksplorasi makna bentuk.

Tabel 1. Hasil Think Aloud

Fase Krusial	Menit	Gumaman/Verbalisasi (Rekonstruksi Data Lapangan)	Pemicu Konflik (Trigger)	Respons Perilaku Teramati	Analisis Hambatan Epistemologis
Menit (Fase Orientasi)	Awal	"Gambarnya setengah lingkaran... fokus di titik pusat dulu. Ini pasti pakai Pythagoras."	Fiksasi Prosedural. Meyvira langsung mengasosiasikan "lingkaran" dengan "rumus" tanpa menganalisis sifat spasialnya terlebih dahulu.	Langsung menulis rumus tanpa membuat sketsa awal.	Reduksi Konsep. Meyvira mereduksi objek geometri yang kompleks menjadi sekadar variabel angka untuk

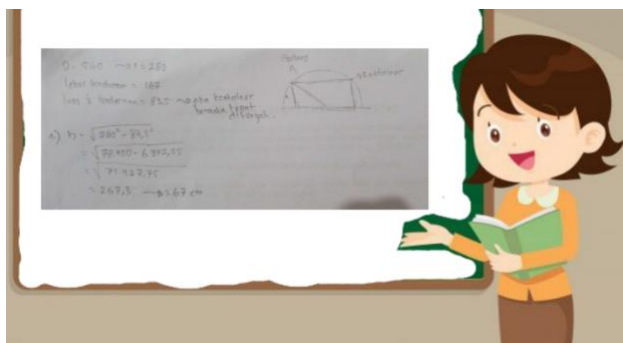
				disubstitusi ke dalam rumus.
Menit Pertengahan (Fase Disekuilibrium)	"Eh, maksudnya gambar representasi ini apa? Kok diminta membuktikan tanpa hitung?"	Ambiguitas Semiotik. Muncul kebingungan ketika soal (e) meminta bukti visual, bukan bukti angka.	Mengalami kebingungan sejenak, bertanya pada observer tentang maksud soal, lalu berhenti menulis angka.	Konflik Representasi. Terjadi benturan antara "register simbolik" (rumus yang biasa ia pakai) dengan "register figural" (gambar yang diminta soal).
Menit Pertengahan (Fase Transisi)	"Kalau geser ke samping... (berpikir)... kan melengkung. Berarti makin jauh makin turun tingginya."	Penalaran Kovariasional. Menyadari hubungan dinamis: jika x (jarak horizontal) bertambah, maka y (tinggi) berkurang.	Mulai menggambar sketsa gerbang dan menarik garis dari pusat ke sisi samping pada halaman jawaban.	Pemaknaan Kualitatif. Meyvira berhasil lepas dari angka statis dan mulai memahami invarian bentuk lingkaran (kelengkungan menyebabkan penurunan tinggi).
Menit Akhir (Fase Resolusi)	"Jadi batasnya itu lengkungannya. Kalau pakai Pythagoras tadi hasilnya 260, lebih kecil dari pusat 267. Berarti benar, makin miring makin rendah."	Validasi Metakognitif. Menggunakan hasil hitungan sebelumnya (260 cm vs 267 cm) untuk memverifikasi logika visualnya.	Menulis kesimpulan verbal: "Batas tinggi kendaraan ditentukan oleh seberapa jauh sisi kendaraan dari pusat."	Integrasi Konsep. Terjadinya Making Sense. Angka tidak lagi sekadar hasil hitungan, tetapi menjadi bukti pendukung bagi argumen geometri kualitatifnya.

Hasil di atas menegaskan bahwa kebingungan atau hambatan epistemologis yang dialami Meyvira bukanlah tanda ketidakmampuan, melainkan katalisator bagi munculnya penalaran tingkat tinggi. Ketika strategi proseduralnya (menghitung angka) terhambat oleh instruksi soal yang menuntut bukti visual, Meyvira dipaksa menegosiasikan ulang pemahamannya tentang objek setengah lingkaran. Proses ini bermuara pada lompatan konseptual (*conceptual leap*) di fase resolusi. Pada fase ini, ia berhasil mengintegrasikan hasil perhitungannya numeriknya bahwa tinggi di sisi (260 cm) lebih rendah daripada di pusat (267 cm) sebagai validasi bagi argumen kualitatifnya

mengenai sifat kelengkungan gerbang. Dengan demikian, konflik kognitif berfungsi sebagai jembatan krusial dalam proses pemaknaan geometri kualitatif (*making sense of qualitative geometry*).

Untuk memvalidasi hasil *think aloud* berupa analisis protokol verbal yang telah dipaparkan, penelitian ini juga melakukan triangulasi terhadap artefak tertulis yang dihasilkan Meyvira selama sesi pemecahan masalah. Artefak ini bukan sekadar catatan perhitungan, melainkan rekam jejak eksternal dari struktur kognitif internal subjek yang memvisualisasikan cara konsep abstrak diterjemahkan ke dalam simbol dan gambar konkret. Gambar berikut menampilkan lembar jawaban asli Meyvira yang menangkap dualitas strateginya. Sisi atas lembar kerja didominasi oleh pendekatan prosedural yang ketat, sedangkan sisi bawah dan halaman berikutnya memperlihatkan upaya visualisasi untuk membangun argumen kualitatif. Bukti autentik ini menjadi kunci untuk memahami cara Meyvira menegosiasikan transisi dari operasi numerik menuju pemahaman makna bentuk (*sense-making of shape*) yang dipaparkan dalam hasil-hasil penjabaran di bawah ini.

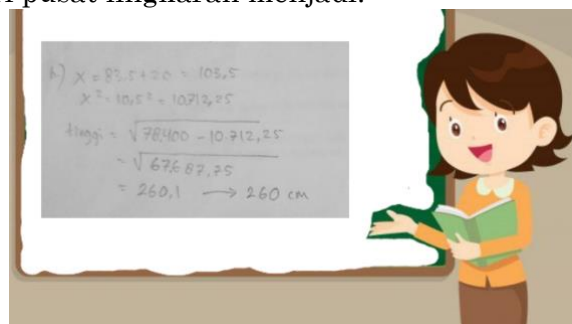
1. Menentukan tinggi maksimum gerbang di posisi tengah karena gerbang berbentuk setengah lingkaran, titik tertinggi gerbang berada tepat di tengah. Dengan menggunakan prinsip segitiga siku-siku yang terbentuk antara jari-jari lingkaran, tinggi kontainer, dan jarak horizontal, diperoleh:



Gambar 3. Hasil Pengerjaan Sesuai Integrasi Konsep

Hasil perhitungan menunjukkan nilai sekitar 267 cm. Artinya, pada posisi tengah, jarak bebas maksimum dari sisi ke puncak lengkungan gerbang adalah sekitar 267 cm.

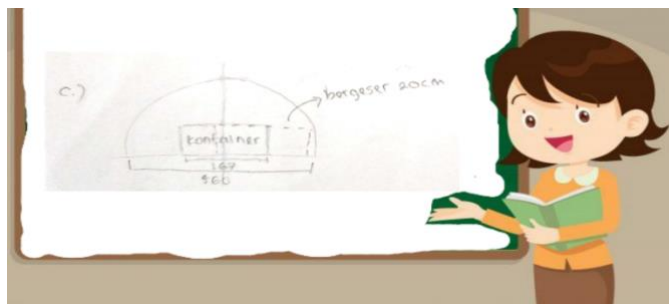
2. Meyvira mencoba untuk menghitung tinggi maksimum ketika kontainer bergeser. Selanjutnya, kontainer diasumsikan bergeser sejauh 20 cm dari posisi tengah. Jarak horizontal dari pusat lingkaran menjadi:



Gambar 4. Hasil Pengerjaan Sesuai Integrasi Konsep

Hasilnya adalah sekitar 260 cm. Ini menunjukkan bahwa tinggi maksimum yang diperbolehkan menjadi lebih kecil ketika kontainer tidak berada di tengah.

3. Dari gambar dan perhitungan terlihat bahwa semakin jauh kontainer digeser dari pusat lingkaran, maka tinggi lengkungan gerbang di atasnya akan semakin rendah. Dia berpendapat bahwa hal ini disebabkan oleh bentuk busur lingkaran yang melengkung ke bawah di bagian samping.



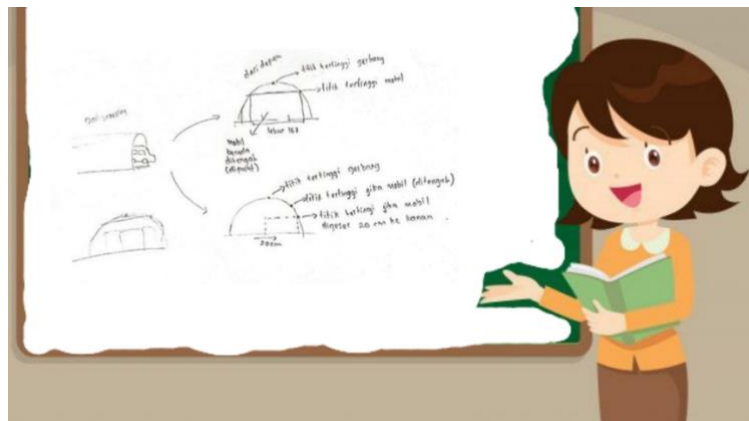
Gambar 5. Analisis Pergeseran Kontainer

4. Dia berpendapat, gerbang berbentuk setengah lingkaran, maka titik paling tinggi selalu berada di tengah puncak lingkaran. Batas tinggi kendaraan atau kontainer ditentukan oleh jaraknya dari pusat lingkaran. Jika kontainer berada tepat di tengah, tinggi maksimum yang diperoleh adalah yang paling besar. Sebaliknya, ketika kontainer digeser ke samping, batas tinggi akan menurun karena mengikuti lengkungan gerbang. Dengan demikian, posisi kontainer sangat berpengaruh terhadap tinggi maksimum yang masih dapat melewati gerbang dengan aman.



Gambar 6. Kesimpulan Konseptual

5. Berdasarkan gambar dan analisis Meyvira menyimpulkan bahwa:
 1. Gerbang berbentuk setengah lingkaran memiliki titik tertinggi di tengah.
 2. Tinggi maksimum kendaraan ditentukan oleh posisi kendaraan terhadap pusat lingkaran.
 3. Kendaraan yang berada tepat di tengah gerbang memiliki batas tinggi paling besar.
 4. Jika kendaraan digeser ke samping (misalnya 20 cm), batas tinggi kendaraan akan menurun karena mengikuti lengkungan gerbang.



Gambar 7. Hasil Penyimpulan Meyvira terhadap Pemahaman

Untuk memperkuat validitas interpretasi terhadap protokol *think aloud* dan memberikan kedalaman pada analisis artefak tertulis, wawancara klinis retrospektif dilakukan segera setelah sesi pengerjaan tugas berakhir. Langkah ini krusial untuk melakukan triangulasi data guna memastikan bahwa kesimpulan peneliti mengenai proses kognitif Meyvira khususnya terkait transisi dari strategi prosedural ke visual selaras dengan hal yang dirasakan dan dipikirkan oleh subjek itu sendiri. Wawancara ini difokuskan untuk menggali alasan di balik keputusan-keputusan strategis yang diambil subjek pada momen-momen konflik kognitif yang telah teridentifikasi sebelumnya. Tabel berikut menyajikan transkrip rekonstruksi dialog antara peneliti dan Meyvira yang mengklarifikasi dinamika berpikir subjek, mulai dari fiksasi pada rumus hingga konstruksi pembuktian visual.

Tabel 2. Hasil Wawancara

Topik & Pertanyaan Peneliti	Jawaban & Respon Siswa (Rekonstruksi Berbasis Bukti Data)
<p>Topik 1: Klarifikasi Prosedural (Soal a & b) Tanya: "Di awal tadi, Kakak lihat kamu langsung menulis rumus akar-akaran ini (menunjuk hitungan Pythagoras). Apa yang membuatmu langsung yakin pakai cara ini?"</p>	<p>Jawab: "Oh itu, karena gerbangnya kan setengah lingkaran, Kak. Kalau kita tarik garis dari pusat ke ujung atas kontainer, itu jadi jari-jari atau sisi miringnya. Terus setengah lebar kontainer itu jadi alas segitiga. Jadi buat cari tingginya, saya pakai Pythagoras. Saya lebih paham dan yakin kalau pakai rumus itu."</p>
<p>Topik 2: Hambatan/Kebingungan (Soal d & e) Tanya: "Tadi Kakak perhatikan pas sampai soal (e) yang minta gambar, kamu sempat berhenti lama dan tanya maksud soalnya. Apa yang bikin bingung waktu itu?"</p>	<p>Jawab: "Iya, soalnya aneh Kak. Biasanya kan disuruh 'hitunglah', tapi ini disuruh 'gambar representasi visual buat membuktikan'. Saya bingung, gimana caranya membuktikan tanpa angka? Saya takut salah maksud soalnya, makanya tadi sempat tanya 'ini maksudnya gambar representasi itu apa?'"</p>

Topik 3: Penjelasan Argumen Kualitatif (Soal d)

Tanya: "Terus di jawaban (d) ini kamu tulis: 'semakin bergerak ke samping maka semakin rendah'. Bisa jelaskan maksudnya sambil tunjuk gambarnya?"

Jawab: "Gini Kak (menunjuk sketsa gerbang). Titik paling tinggi itu kan pasti pas di tengah-tengah puncak lingkaran. Nah, karena bentuk atapnya itu busur yang melengkung ke bawah, kalau kontainernya kita geser ke samping mau kiri atau kanan pasti atapnya bakal kena bagian lengkungan yang lebih rendah itu. Jadi otomatis tinggi maksimal yang bisa lewat pasti berkurang."

Topik 4: Pembuktian Visual (Soal e)

Tanya: "Nah, untuk soal terakhir ini kamu gambar sketsa mobil dari depan. Gimana gambar ini bisa jadi bukti kalau tingginya turun, padahal nggak ada angkanya?"

Jawab: "Bisa dilihat dari garis ini Kak (menunjuk garis vertikal pada gambar hal 7). Ini posisi kalau mobil di tengah (pusat), garisnya sampai puncak. Terus yang ini kalau mobilnya digeser 20 cm. Kelihatan kan garisnya mentok di lengkungan sebelum sampai setinggi yang tengah? Jadi biarpun nggak dihitung angkanya berapa, dari gambar aja udah kelihatan kalau digeser pasti lebih pendek batasnya."

Paparan data verbal dalam tabel di atas memberikan konfirmasi empiris yang kuat terhadap pola pemaknaan (*sense-making*) yang sedang diselidiki. Pengakuan eksplisit Meyvira bahwa ia merasa lebih paham dan yakin dengan rumus Pythagoras (Topik 1) menegaskan temuan awal mengenai dominasi orientasi prosedural siswa SMA. Namun, nilai ilmiah yang paling signifikan muncul pada respons Topik 3 dan 4, saat Meyvira mampu mengartikulasikan argumen geometrisnya secara lisan dengan presisi logika yang tinggi. Penjelasan mengenai dampak busur yang melengkung terhadap penurunan tinggi kontainer membuktikan bahwa representasi visual yang ia buat (pada Lembar Tugas Geometri) bukan sekadar gambar ilustrasi semata, melainkan manifestasi eksternal dari pemahaman konseptual yang mendalam. Artikulasi verbal ini memvalidasi bahwa Meyvira telah berhasil melampaui hambatan epistemologis, dari sekadar menghitung angka menjadi memaknai struktur ruang, sehingga tujuan pembelajaran geometri pada kasus ini tercapai secara efektif.

4. SIMPULAN

Analisis terhadap artefak, data *Think Aloud*, dan wawancara menunjukkan bahwa pemahaman geometri Meyvira berkembang dari penggunaan prosedur menuju pemahaman konseptual. Pada tahap awal, Meyvira menyelesaikan masalah dengan menerapkan Teorema Pythagoras secara sistematis untuk menentukan tinggi kendaraan pada berbagai posisi. Hal ini menunjukkan bahwa strategi yang digunakan masih didominasi oleh pendekatan prosedural dan perhitungan numerik.

Perubahan mulai terlihat ketika Meyvira menghadapi pertanyaan yang meminta pembuktian tanpa menggunakan perhitungan. Kondisi ini menimbulkan konflik kognitif yang mendorongnya untuk mencari strategi lain selain penggunaan rumus. Dari data *Think Aloud*, Meyvira mulai memperhatikan hubungan antara posisi kendaraan dan bentuk busur setengah lingkaran. Ia menyadari bahwa semakin kendaraan bergeser ke samping, semakin rendah tinggi ruang yang tersedia karena bentuk busur yang melengkung.

Pemahaman tersebut kemudian diperkuat melalui pembuatan sketsa tampak depan dan tampak samping. Sketsa yang dibuat tidak hanya berfungsi sebagai gambar pendukung, tetapi juga menjadi alat untuk memvisualisasikan hubungan antara posisi horizontal dan tinggi vertikal. Melalui representasi visual ini, Meyvira dapat menjelaskan bahwa penurunan tinggi bukan sekadar hasil perhitungan, melainkan konsekuensi dari sifat geometri lingkaran.

Hasil wawancara memperkuat temuan tersebut. Meyvira menjelaskan bahwa dari gambar yang dibuat, terlihat jelas bahwa ketika posisi kendaraan digeser dari pusat lingkaran, tinggi maksimum yang tersedia akan berkurang. Penjelasan ini menunjukkan bahwa ia telah memahami hubungan geometris yang mendasari masalah, bukan hanya mengikuti langkah-langkah perhitungan.

Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan adanya perkembangan pemahaman dari *procedural fluency* menuju *conceptual understanding*. Proses tersebut ditandai oleh munculnya konflik kognitif, penggunaan visualisasi sebagai alat berpikir, serta kemampuan menghubungkan hasil perhitungan dengan sifat geometris objek yang dikaji. Dengan demikian, penggunaan tugas yang mendorong visualisasi dan penalaran spasial terbukti membantu siswa membangun pemahaman geometri yang lebih bermakna.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak yang terlibat atas dukungan fasilitas dan administratif yang memungkinkan terlaksananya penelitian ini. Apresiasi mendalam secara khusus ditujukan kepada Meyvira selaku partisipan utama atas kesediaan, waktu, dan keterbukaan dalam memberikan akses terhadap proses berpikirnya melalui protokol Think Aloud. Penulis juga mengapresiasi pihak sekolah mitra yang telah memberikan izin pengambilan data serta rekan sejawat yang telah memberikan tinjauan kritis guna penyempurnaan substansi artikel ini.

6. REKOMENDASI

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi dapat diajukan untuk memperkuat pengembangan kemampuan penalaran geometri kualitatif dan sense-making siswa. Pertama, guru matematika disarankan untuk merancang aktivitas pembelajaran yang tidak hanya menekankan kelancaran prosedural dan penerapan rumus, tetapi juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi representasi visual, argumentasi informal, dan penalaran spasial. Tugas pembelajaran berbasis konteks PISA dapat dimanfaatkan untuk menstimulasi konflik kognitif secara produktif sehingga siswa terdorong membangun pemahaman konseptual yang lebih mendalam.

Kedua, pendidik perlu memandang kebingungan, keraguan, dan kesalahan siswa bukan semata-mata sebagai indikator kegagalan, melainkan sebagai momen kognitif penting yang berpotensi memicu perkembangan konseptual. Oleh karena itu, pembelajaran di kelas perlu menciptakan lingkungan yang mendukung siswa untuk mengungkapkan proses berpikirnya secara verbal, menguji ide-ide intuitif, serta melakukan negosiasi makna melalui diskusi dan aktivitas visualisasi.

Ketiga, integrasi metode Think Aloud Protocols dalam pembelajaran maupun asesmen matematika direkomendasikan untuk membantu guru mengidentifikasi proses kognitif siswa secara lebih komprehensif. Melalui pendekatan ini, guru dapat mengenali transisi antara pemikiran prosedural dan pemahaman konseptual sehingga intervensi pedagogis yang diberikan menjadi lebih tepat sasaran.

Terakhir, peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan penelitian dengan melibatkan lebih banyak partisipan yang memiliki karakteristik kognitif dan latar belakang pendidikan yang beragam agar diperoleh pola empiris yang lebih luas mengenai sense-making geometri kualitatif. Penelitian lanjutan juga dapat mengeksplorasi integrasi teknologi visualisasi digital, perangkat lunak geometri dinamis, maupun lingkungan pembelajaran kolaboratif untuk mengkaji bagaimana teknologi mampu mendukung transisi siswa dari komputasi formal menuju penalaran geometri yang bermakna.

7. REFERENSI

- Azmi, N., Arif, S., Sofyan, H., & Oktavia, R. (2025). Bridging geometry and cultures for junior high school level: Rumoh Aceh design from a computational thinking perspective. *Journal on Mathematics Education*. <https://doi.org/10.22342/jme.v16i2.pp383-406>
- Darmawan, P. (2025). Analysis of Thinking in Solving Open - Ended Problems on Arithmetic Sequences and Series Based on Polya ' s Stages Analisis Berpikir Siswa dalam Memecahkan Masalah Open - Ended Barisan dan Deret Aritmatika Berdasarkan Tahapan Polya (Vol. 13, Issue 2).
- Erbilgin, E., & Gningue, S. M. (2023). Using the onto-semiotic approach to analyze novice algebra learners' meaning-making processes with different representations. *Educational Studies in Mathematics*, 114(2), 337–357. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10247-8>
- Fariana, Y., Nurmalitasari, D., & Susanto, K. (2025). Implementasi Transformasi Geometri Untuk Membuat Sketsa Grafik Fungsi Kuadrat. *Jurnal Media Akademik*, 3(1), 3031–5220.
- Gilmore, C. (2023). Understanding the complexities of mathematical cognition: A multi-level framework. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 76(9), 1953–1972. <https://doi.org/10.1177/17470218231175325>
- Greenstein, S. (2014). The Journal of Mathematical Behavior Making sense of qualitative geometry : The case of Amanda. 36, 73–94.
- Gupta, A., Efron, A. A., & Hebert, M. (n.d.). *Blocks World Revisited : Image Understanding Using Qualitative Geometry and Mechanics*.

- Hidayat, M., & Zubaidah, T. (2023). Students' Errors in Solving Plane Geometry Problems Using E-Learning-based Diagnostic Tests. 4185, 93–110. <https://doi.org/10.24815/jdm.v10i1.31938>
- Hutabarat, K. H., Azzahra, A. R., Fahrurnisa, B., Luhukay, M. Z., Azzahra, N. N., & Putri, H. E. (2025). Pemahaman Konseptual Peserta Didik Terhadap Sifat-Sifat Bangun Datar Berdasarkan Teori Van Hiele. *De Fermat : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 98–103. <https://doi.org/10.36277/deferamat.v8i1.2261>
- Jablonski, S. (2024). Challenges in geometric modelling-A comparison of students' mathematization with real objects, photos, and 3D models. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/14321>
- Kalaycı Alas, D., & Korutürk, K. (2024). Exploring the Impact of Values Education on Sustainable Environmental Awareness and Behavior Among Eighth-Grade Students. *Sustainability (Switzerland)*, 16(21). <https://doi.org/10.3390/su16219302>
- Lubis, M. S., Salamah, S., & Ginting, B. (2025). Development of a Mathematics Module Based on HOTS Questions on Social Arithmetic Material. 12(1).
- Mawadah Putri Islamiati. (2022). Studi Kasus Kemampuan Abstraksi Matematis Siswa Kelas XII Pada Materi Dimensi Tiga. *Didactical Mathematics*, 4(1), 127–137. <https://doi.org/10.31949/dm.v4i1.2076>
- Mukerjee, A. (1991). Qualitative Geometric Design 2 . Representing geometrical topological relations and. <https://doi.org/10.1145/112515.112584>
- Mukherjee, A. (2025). Eco-Math Connections : Exploring the Challenges and Possibilities among Prospective Mathematics Educators on Environmental Integration. 15(2), 410–435. <https://doi.org/10.52634/mier/2025/v15/i2/2878>
- Nurchahyo, M. (2022). KAJIAN PERAN SKETSA DALAM PROSES KREATIF DAN PENDIDIKAN DESAIN (Kasus Pengalaman Belajar Desain di Era Digital). *Lintas Ruang: Jurnal Pengetahuan Dan Perancangan Desain Interior*, 10(2), 86–97. <https://doi.org/10.24821/lintas.v10i2.7199>
- Putu Ade Andre Payadnya, I., Prahmana, R. C. I., Lo, J. J., Noviyanti, P. L., & Made Dharma Atmaja, I. (2023). Designing area of circle learning trajectory based on “what-if” questions to support students' higher-order thinking skills. *Journal on Mathematics Education*, 14(4), 757–780. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i4.pp757-780>
- Sandoz, R. (2021). Thematic Reclassifications and Emerging Sciences. *Journal for General Philosophy of Science*, 52(1), 63–85. <https://doi.org/10.1007/s10838-020-09526-2>
- Syarifuddin, A. (2022). KAJIAN PERAN SKETSA DALAM PROSES KREATIF DAN PENDIDIKAN DESAIN (Kasus Pengalaman Belajar Desain di Era Digital). *Lintas Ruang: Jurnal Pengetahuan Dan Perancangan Desain Interior*, 10(2), 86–97. <https://doi.org/10.24821/lintas.v10i2.7199>
- Wulandari, A., Salsabila, A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Wulandari, T., Firsta, R. R., Darmawijoyo, D., & Hartono, Y. (2025). Analisis Kemampuan Pemodelan Matematika Dan Penalaran Siswa Dalam Menyelesaikan Soal Kontekstual PISA. *Journal of Instructional and Development Researches*, 5(3), 302–312. <https://doi.org/10.53621/jider.v5i3.538>