

INTEGRASI V-TAKER GEOGEBRA DAN KOMIK DIGITAL PADA PEMBELAJARAN DISCOVERY LEARNING MATERI VOLUME TABUNG DAN KERUCUT: LEARNING TRAJECTORY

Evi Herayani¹, Ai Elis Susilawati², Nani Ratnaningsih³
Pendidikan Matematika^{1,2,3}, Universitas Siliwangi^{1,2,3}
eviherayani1408@gmail.com¹, aielissusilawati2025@gmail.com²,
naniratnaningsih@unsil.ac.id³

Abstrak

Pembelajaran matematika kerap menghadapi kendala dalam menghubungkan konsep abstrak dengan representasi konkret yang mudah dipahami siswa. Materi perbandingan volume bangun ruang, khususnya tabung dan kerucut, merupakan salah satu topik yang membutuhkan visualisasi kuat untuk mendukung pemahaman konseptual. Namun, praktik pembelajaran yang umum digunakan masih bersifat terpisah-pisah dan belum memaksimalkan integrasi teknologi digital secara efektif. Penelitian ini bertujuan merancang *learning trajectory* melalui pengembangan model pembelajaran terpadu yang mengintegrasikan media visual interaktif berbasis GeoGebra (V-taker) dengan komik digital kontekstual. Penelitian ini menggunakan metode *design research* dengan pendekatan *design-based research* yang melibatkan 18 siswa kelas VII dari salah satu sekolah SMP di Kabupaten Tasikmalaya. Proses penelitian dilaksanakan dalam tiga fase sistematis, yaitu persiapan desain, implementasi aktivitas pembelajaran, dan analisis retrospektif. Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi komik digital dan V-taker GeoGebra mampu menciptakan pengalaman belajar yang holistik. Komik digital hadir sebagai pemicu kontekstual yang membantu siswa memahami permasalahan secara intuitif melalui alur cerita yang relevan, sementara GeoGebra berperan sebagai laboratorium virtual yang memungkinkan eksplorasi konsep secara dinamis. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis terhadap pengembangan pembelajaran matematika inovatif, serta menegaskan urgensi pemanfaatan teknologi digital dalam membangun proses pembelajaran yang relevan dengan tuntutan pendidikan di era Society 5.0.

Kata kunci: desain pembelajaran, geometri, integrasi media

A. Pendahuluan

Pembelajaran matematika di era Society 5.0 menuntut terciptanya pengalaman belajar yang tidak hanya interaktif dan berpusat pada siswa, tetapi juga mampu mengintegrasikan ruang fisik dan digital secara holistik. Menurut

Hasanudin (2025), era ini mengharuskan terciptanya lingkungan belajar dimana siswa dapat membangun pengetahuannya sendiri melalui interaksi dengan sistem digital yang cerdas. Siswa diharapkan mampu memahami konsep secara mendalam melalui eksplorasi aktif dengan dukungan teknologi, sehingga mereka menjadi pemecah masalah yang kreatif dan inovatif.

Pembelajaran di era Society 5.0 menekankan tiga aspek utama, yakni personalisasi materi sesuai kebutuhan siswa, kontekstualisasi konsep abstrak melalui simulasi digital, dan kolaborasi dalam memecahkan masalah kompleks menggunakan platform digital (Setiawan et al., 2023). Personalisasi pembelajaran memungkinkan siswa belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar masing-masing, kontekstualisasi melalui simulasi digital membantu menjembatani konsep matematika abstrak dengan penerapannya dalam kehidupan nyata, dan aspek kolaborasi memfasilitasi siswa untuk bekerja sama dalam kelompok melalui platform digital guna menyelesaikan permasalahan matematika yang kompleks, sekaligus mengembangkan keterampilan komunikasi dan kerja sama tim (Gusteti, 2024). Melalui pendekatan terintegrasi ini, siswa diharapkan tidak hanya menjadi penerima pengetahuan pasif, tetapi aktif membangun pemahaman mereka sendiri dengan memanfaatkan berbagai sumber belajar digital yang tersedia, menjadikan pembelajaran matematika lebih bermakna dan relevan dengan perkembangan zaman. Implementasi ketiga aspek ini secara simultan dapat menciptakan lingkungan belajar yang adaptif dan responsif terhadap kebutuhan pembelajaran di era Society 5.0 (Rizal, 2023).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SMP Quranic Science Boarding School, terungkap temuan yang signifikan mengenai pemahaman konseptual siswa pada materi geometri. Meskipun sebagian besar siswa telah menguasai dan menghafal rumus volume tabung ($V = \pi r^2 t$) dan kerucut ($V = 1/3 \pi r^2 t$) dengan baik, mereka justru mengalami kesulitan mendasar dalam memahami makna konseptual di balik hubungan perbandingan volume antara kedua bangun ruang tersebut. Secara khusus, siswa tidak mampu menjelaskan alasan matematis mengapa volume kerucut secara istimewa bernilai tepat $1/3$ dari volume tabung, padahal kedua bangun ruang tersebut memiliki ukuran alas dan tinggi yang sama.

Berdasarkan observasi dan wawancara mendalam, kesenjangan pemahaman ini muncul karena beberapa faktor. Pertama, siswa tidak memiliki pengalaman visual dalam melihat bagaimana hubungan nyata antara tabung dan kerucut. Kedua, pembelajaran sebelumnya tidak memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi dan menemukan sendiri hubungan perbandingan volume melalui aktivitas yang konkret. Ketiga, kurangnya media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan proses pembuktian hubungan $1/3$ antara volume kerucut dan tabung secara dinamis dan interaktif. Hal ini sejalan dengan penelitian Whindayati (2025) yang menyatakan bahwa miskonsepsi dalam materi perbandingan volume bangun ruang seringkali bersumber dari pendekatan pembelajaran yang terlalu mekanistik. Siswa hanya diajarkan untuk mensubstitusi nilai ke dalam rumus tanpa memahami esensi matematis dibalik hubungan antar bangun ruang. Kondisi ini mengakibatkan siswa kesulitan ketika dihadapkan pada masalah non-rutin yang membutuhkan pemahaman konseptual yang mendalam.

Kajian terhadap penelitian terdahulu mengungkapkan berbagai upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan pembelajaran geometri. Penelitian oleh Renata & Triutami (2025) secara khusus berfokus pada pengembangan media GeoGebra untuk visualisasi geometri, dengan temuan yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep spasial siswa. Sementara itu Febriyandani, & Kowiyah (2021) dalam penelitiannya mengembangkan komik digital sebagai media alternatif yang terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi dan keterlibatan emosional siswa dalam pembelajaran matematika. Di sisi lain, penelitian Putrawangsa & Hasanah (2018) mengkaji integrasi media digital dalam pembelajaran matematika, namun kajian tersebut masih terbatas pada analisis kebutuhan tanpa menyajikan model integrasi yang komprehensif dan implementatif.

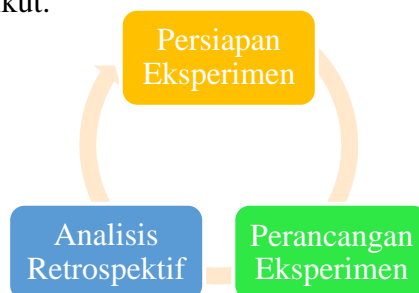
Berdasarkan analisis terhadap ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan yang ada masih terfragmentasi dan belum menyajikan solusi yang terintegrasi secara holistik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah dengan menghadirkan solusi terintegrasi yang memadukan media visual interaktif V-Taker GeoGebra untuk pemahaman konseptual dan komik digital “Misteri di Pabrik Ice Cream” untuk kontekstualisasi pembelajaran. Integrasi kedua media ini dalam satu alur pembelajaran yang terstruktur diharapkan

dapat mengatasi keterbatasan pendekatan tunggal yang selama ini digunakan, sekaligus menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan bermakna bagi siswa, sesuai dengan tuntutan pembelajaran di era Society 5.0.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Design Research* dengan pendekatan *Design Based Research* (DBR) yang melibatkan 18 siswa kelas VII dari salah satu SMP di Kabupaten Tasikmalaya yang dilaksanakan selama periode September s.d November 2025 untuk mengembangkan suatu Learning Trajectory terintegrasi. Pendekatan ini dipilih karena berfokus pada pengembangan dan penyempurnaan strategi pembelajaran serta bahan ajar secara sistematis untuk mengatasi tantangan kompleks dalam pendidikan, sekaligus memberikan kontribusi terhadap pemahaman teoretis mengenai proses belajar siswa (Van den Akker et al., 2006). Ciri utama metodologi ini yang bersifat intervensi, siklikal, dan reflektif (Van den Akker et al., 2012) cocok untuk menciptakan sebuah alur pembelajaran yang feasible dan effective.

Berdasarkan model Gravemeijer & Cobb (2006), desain penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap utama: (1) Tahap Persiapan Eksperimen, yang mencakup identifikasi masalah kesenjangan pemahaman konseptual siswa dan penyusunan kerangka teoretis; (2) Tahap Perancangan Eksperimen, di mana prototipe alur pembelajaran yang mengintegrasikan V-Taker GeoGebra dan Komik Digital dirancang, diterapkan di kelas, dan diuji coba melalui siklus iteratif; serta (3) Tahap Analisis Retrospektif, yaitu proses menganalisis data untuk menyempurnakan alur pembelajaran akhir dan memberikan kontribusi teoretis mengenai integrasi media dalam pembelajaran geometri. Tahap penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Tahapan Design Research

Desain penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap utama yang bersifat siklikal yang memungkinkan proses penyempurnaan yang berkelanjutan, di mana temuan dan hasil evaluasi dari satu tahap dapat menjadi masukan untuk analisis dan perbaikan pada tahap sebelumnya dalam iterasi berikutnya.

C. Hasil Dan Pembahasan

Temuan penelitian ini menyajikan deskripsi rinci tentang learning trajectory pada pembelajaran *Discovery Learning* materi volume tabung dan kerucut yang mengintegrasikan V-Taker GeoGebra dan komik digital “Misteri di Pabrik Ice Cream”. Hasil penelitian ini disusun ke dalam tiga tahap utama sebagai berikut.

1. Tahap Persiapan Eksperimen

Tahap persiapan eksperimen diawali dengan identifikasi masalah dalam pembelajaran geometri melalui observasi mendalam dan wawancara dengan siswa kelas IX. Temuan mengungkapkan bahwa 85% siswa mampu menghafal rumus volume kerucut ($V = 1/3 \pi r^2 t$) dengan baik, namun hanya 15% yang memahami makna matematis di balik nilai $1/3$ tersebut. Kesenjangan antara pemahaman prosedural dan konseptual ini menjadi fokus utama dalam perancangan solusi pembelajaran berbasis eksperimen.

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, disusun kerangka teoretis yang mengintegrasikan model pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) dengan metode eksperimen dengan pendelatan saintifik. Kerangka ini menekankan pentingnya siswa mengalami langsung proses konstruksi pengetahuan melalui eksperimen, mulai dari merumuskan masalah, merancang dan melaksanakan eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, hingga menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris.

Alur pembelajaran yang dikembangkan terdiri dari tiga kegiatan utama, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1, yang memuat kegiatan, tujuan, dan dugaan respons siswa. Rangkaian aktivitas ini dirancang untuk membantu siswa memahami konsep perbandingan volume secara bertahap dari pengalaman kontekstual, eksplorasi visual, hingga formulasi matematis.

Tabel 1. Alur Pembelajaran Materi Perbandingan Volume Tabung dan Kerucut

Aktivitas	Tujuan	Dugaan Respons Siswa
Membaca komik “Misteri di Pabrik Ice Cream” dan mengamati bentuk tabung dan kerucut pada konteks cerita	Mengidentifikasi hubungan volume antara tabung dan kerucut berdasarkan situasi kontekstual	Siswa mengenali perbedaan bentuk dan mulai menebak hubungan volumenya
Mengeksplorasi model 3D menggunakan V-Taker GeoGebra	Membandingkan volume tabung dan kerucut melalui visualisasi digital dan manipulasi model	Siswa mengamati bahwa volume kerucut merupakan sepertiga dari volume tabung dengan alas dan tinggi yang sama
Menyimpulkan dan menuliskan hasil eksplorasi dalam bentuk simbolik	Menemukan hubungan matematis antara volume tabung dan kerucut	Siswa menuliskan kesimpulan $V_{tabung} = 3 \times V_{kerucut}$ dan memahami makna rasio tersebut secara konseptual

Melalui penyusunan kerangka yang komprehensif ini, tahap persiapan eksperimen berhasil menciptakan landasan yang kuat untuk implementasi pembelajaran yang tidak hanya menekankan pada pemahaman konseptual, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah dan apresiasi terhadap proses penemuan dalam matematika.

2. Tahap Perancangan Eksperimen

Kegiatan pembelajaran pada tahap ini dibagi menjadi 6 tahapan aktivitas pembelajaran yang telah dilaksanakan secara lengkap berdasarkan sintaks *Discovery Learning*, meliputi:

Tahap 1: Stimulation (Pemberian Rangsangan)

Kegiatan pembelajaran diawali dengan pembagian siswa ke dalam kelompok kecil yang masing-masing terdiri dari 3-4 siswa. Setiap kelompok diberikan LKPD yang berisi pertanyaan dan intruksi yang memandu siswa untuk menemukan konsep perbandingan volume tabung dan kerucut. Tahap stimulasi dilakukan melalui penyajian komik digital “Misteri di Pabrik Ice Cream” yang diproyeksikan di depan kelas, didukung dengan versi cetak untuk memfasilitasi pengamatan yang lebih mendetail terhadap setiap panel komik (*lihat Gambar 2a*). Pada *Gambar 2b* mendokumentasikan aktivitas pengamatan siswa terhadap komik

dalam setting kelompok kecil. Hasil pengamatan menunjukkan keterlibatan aktif siswa dalam menganalisis alur cerita dan ilustrasi visual, yang terlihat dari ekspresi antusias sekaligus interaksi kolaboratif ketika mereka saling berbagi pandangan sambil menunjuk bagian-bagian spesifik dari komik yang relevan dengan permasalahan matematika yang dihadapi. Pembelajaran berbasis cerita yang memicu antusiasme, empati, dan keaktifan siswa dalam mengekspresikan pendapat ini turut mendorong interaksi kolaboratif melalui diskusi intens (Srisuk et al., 2024).



Gambar 2a. Tampilan Cuplikan Komik



Gambar 2b. Mengamati Isi Cerita Komik

Pada tahap ini, guru memberikan pertanyaan pemandu: “Berdasarkan cerita dalam komik, masalah apa yang sedang dihadapi dalam menentukan volume wadah es krim? Bagaimana kira-kira hubungan antara volume tabung dan kerucut menurut pengamatan kalian?” Pertanyaan-pertanyaan ini berfungsi sebagai pemantik untuk mengaktifkan skemata pengetahuan siswa dan membangun landasan konseptual sebelum memasuki tahap eksperimen.

Tahap 2: Problem Statement (Perumusan Masalah)

Pada panel kunci komik (*lihat Gambar 3*), karakter antagonis Dokter Zero digambarkan sebagai sosok yang membenci segala bentuk keteraturan dan rumus matematika. Dalam upayanya mengacaukan dunia, dia menciptakan teka-teki yang menghilangkan semua rumus volume bangun ruang, termasuk hubungan antara tabung dan kerucut. Melalui adegan dramatis, Dokter Zero menantang Archimedes dan Euclid untuk memecahkan teka-tekinya: “Volume tabung = ... × volume kerucut?”

Guru memanfaatkan konflik naratif ini dengan pertanyaan pemantik: “Bisakah kalian membantu Archimedes dan Euclid memecahkan teka-teki Dokter Zero? Bagaimana cara menemukan hubungan volume antara tabung dan kerucut tanpa menggunakan rumus yang sudah hilang?” Siswa dalam kelompok kemudian mendiskusikan berbagai kemungkinan solusi, membuat dugaan awal tentang nilai pengali yang tepat, dan mencatat semua hipotesis mereka dalam LKPD sebagai langkah awal investigasi.



Gambar 3. Panel Teka-teki Dokter Zero

Konflik cerita antara Dokter Zero melawan Archimedes dan Euclid ini berhasil menciptakan keterlibatan emosional yang kuat pada siswa. Pembelajaran yang mengaktifkan keterlibatan emosional membuat siswa merasa memiliki kedekatan dengan materi, sehingga membantu mereka memahami konsep dengan lebih mudah (Liu et al., 2021). Mereka merasa terpenggil untuk membantu tokoh protagonis memecahkan teka-teki dan mengembalikan keteraturan matematika di dunia. Proses ini tidak hanya memicu rasa ingin tahu, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam merumuskan masalah dan menyusun hipotesis yang akan diuji pada tahap eksperimen berikutnya.

Tahap 3: Data Collection (Pengumpulan Data)

Setiap kelompok diberi kesempatan melakukan eksperimen menggunakan media V-Taker GeoGebra yang dirancang khusus untuk investigasi volume. Dalam tahap ini, siswa secara aktif melakukan percobaan penuangan dari wadah kerucut ke tabung menggunakan media V-Taker GeoGebra (*lihat Gambar 4*). Mereka mengamati proses pengisian dan menghitung berapa kali penuangan yang diperlukan untuk memenuhi tabung. Data dikumpulkan melalui percobaan dengan pola yang terstruktur, di mana setiap kelompok mengisi lembar pengamatan (*lihat*

Gambar 5) secara sistematis dengan mencatat hasil pengamatan dari setiap percobaan penuangan.



Gambar 4. Uji Coba Media V-Taker

C. Data Collection (Pengumpulan Data melalui Eksperimen)
Langkah Eksperimen:

1. Siapkan media V-Taker (kerucut dan tabung dengan jari-jari serta tinggi sama).
2. Pada media V-Taker ada objek tabung dan kerucut serta slider yang mengontrol ketinggian isi kerucut.
3. Geser slider sehingga kerucut terisi penuh.
4. Lakukan pengisian berulang pada model virtual: isi 1 kerucut, 2 kerucut, 3 kerucut dan seterusnya, sampai volume tabung penuh.
5. Catat hasil pengamatan pada tabel di bawah ini.

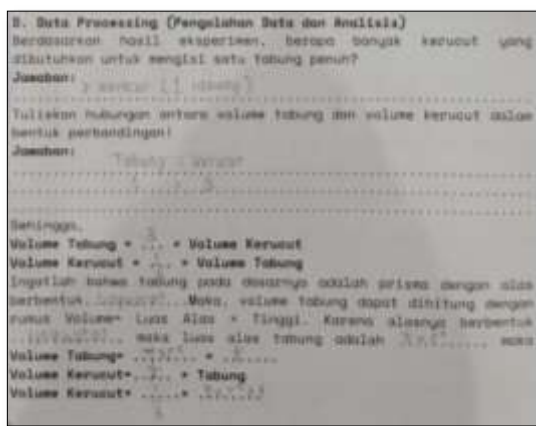
Penuangan ke-	Hasil yang Terjadi (Pilih salah satu)	
1	<input type="checkbox"/> Tabung terisi sedikit	<input type="checkbox"/> Tabung terisi 1/3
2	<input type="checkbox"/> Tabung terisi 2/3	<input type="checkbox"/> Tabung hampir penuh
3	<input type="checkbox"/> Tabung penuh	<input type="checkbox"/> Tabung meluap

Gambar 5. Lembar Pengamatan

Pada tahap ini, siswa berpindah dari pengalaman visual dalam komik menuju tahap eksploratif di mana mereka dapat menguji sendiri hubungan antara volume tabung dan kerucut. Media V-Taker yang dirancang menggunakan aplikasi GeoGebra memungkinkan siswa melakukan simulasi penuangan cairan dari kerucut ke tabung. Dari hasil pengamatan, siswa menemukan bahwa tiga kali penuangan cairan dari kerucut diperlukan untuk memenuhi satu tabung dengan ukuran alas dan tinggi yang sama. Berdasarkan hasil penelitian Hamdani et al. (2019) menunjukkan bahwa metode eksperimen dalam pembelajaran sangat relevan dengan indikator berpikir kritis, seperti interpretasi, analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan.

Tahap 4: Data Processing (Pengolahan Data)

Berdasarkan data yang terkumpul dari seluruh kelompok, siswa menganalisis pola hubungan menggunakan scaffolding dalam LKPD. Proses pengolahan data menunjukkan kemampuan siswa dalam mengidentifikasi konsistensi rasio dari berbagai variasi percobaan. Hasil kerja siswa (*lihat Gambar 6*) memperlihatkan kemampuan dalam mentransformasi data empiris menjadi representasi matematis melalui proses penurunan rumus yang terstruktur. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sakina et al. (2024), yang menunjukkan bahwa penerapan *scaffolding* pada zona perkembangan proksimal (ZPD) efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika, karena dukungan bertahap membantu siswa mengonstruksi pengetahuan hingga mampu menyelesaikan tugas secara mandiri.

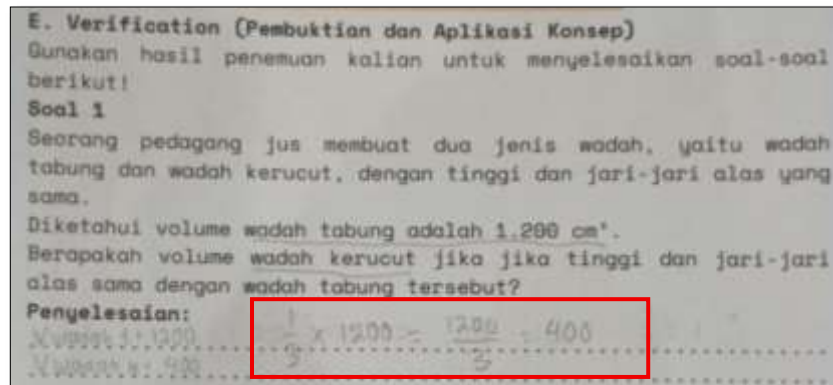


Gambar 6. Hasil Proses Simbolik Siswa

Tahap 5: Verification (Pembuktian)

Pada tahap ini, siswa melakukan pembuktian dan aplikasi konsep dengan mencari volume kerucut ketika diketahui volume tabung. Setiap kelompok menguji validitas temuan mereka melalui penyelesaian permasalahan kontekstual (*lihat Gambar 7*). Pembuktian konsep diperkuat melalui demonstrasi visual menggunakan media V-Taker (*lihat Gambar 8*) yang memvisualisasikan proses penuangan dan perbandingan volume secara nyata. Hal ini sejalan dengan temuan Yuliana (2025), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis inkuiri mendorong siswa untuk membuktikan konsep matematika melalui aktivitas penyelidikan, menguji hasil secara mandiri, serta mengaitkan temuan dengan

konteks nyata, sehingga berdampak pada peningkatan kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar.



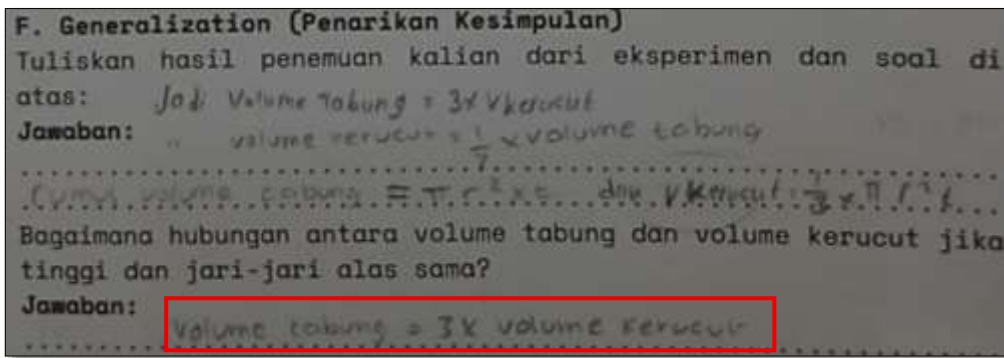
Gambar 7. Jawaban Kelompok pada Tahap Verification



Gambar 8. Visualisasi Pembuktian dengan V-Taker

Tahap 6: Generalization (Penarikan Kesimpulan)

Pada tahap final, siswa diminta menyimpulkan hubungan antara volume tabung dan kerucut. Hasilnya menunjukkan bahwa volume tabung sama dengan tiga kali volume kerucut untuk alas dan tinggi yang sama (*lihat Gambar 9*). Kesimpulan tersebut tidak hanya bersifat prosedural, tetapi juga konseptual, ditandai dengan kemampuan siswa menjelaskan alasan matematis di balik rasio tersebut melalui representasi verbal yang tepat. Proses ini memperkuat peran pemahaman konseptual dalam pembelajaran matematika, sebagaimana dikemukakan Silviyani (2025) bahwa pengetahuan konseptual memberikan kerangka berpikir yang koheren sehingga siswa tidak hanya mampu melakukan prosedur, tetapi juga menjelaskan dasar matematis dari suatu konsep.



Gambar 9. Hasil Generalisasi

3. Tahap Analisis Restrospektif

Inovasi pembelajaran melalui komik digital “Misteri di Pabrik Ice Cream” yang dipadukan dengan media V-Taker GeoGebra menunjukkan hasil yang positif berdasarkan uji coba kepada 18 siswa. Efektivitas inovasi tersebut tercermin dari hasil angket respons siswa terhadap komik digital yang mencakup lima aspek penilaian.

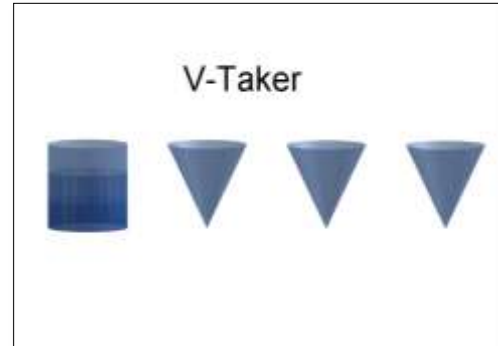
Tabel 2. Rata-rata Hasil Respons Siswa terhadap Komik “Misteri di Pabrik Ice Cream”

No	Aspek Penilaian	Rata-Rata	Kategori
A	Daya tarik dan minat	3,92	Sangat Tinggi
B	Pemahaman konsep	4,13	Sangat Tinggi
C	Kejelasan penyajian materi	3,87	Sangat Tinggi
D	Motivasi Belajar	3,88	Sangat Tinggi
E	Teknis dan Kualitas	3,62	Tinggi
Rata-rata Keseluruhan		3,884	Sangat Tinggi

Berdasarkan data pada **Tabel 2**, skor rata-rata keseluruhan sebesar 3,884 menunjukkan respons yang sangat positif dari siswa. Aspek pemahaman konsep memperoleh skor tertinggi (4,13), menunjukkan bahwa media ini efektif dalam membantu siswa memahami hubungan antara volume tabung dan kerucut secara mendalam.



Gambar 10a. Visualisasi Komik



Gambar 10b. Visualisasi V-Taker

Analisis retrospektif terhadap integrasi kedua media menunjukkan sinergi yang efektif. **Gambar 10a** menampilkan komik digital yang berfungsi sebagai pengantar konseptual melalui pendekatan naratif, berhasil membangun konteks pembelajaran yang humanis dan menarik. Sementara **Gambar 10b** menunjukkan media V-Taker GeoGebra yang memfasilitasi eksperimen interaktif, memungkinkan siswa melakukan verifikasi konsep secara langsung. Kombinasi kedua media ini menciptakan proses pembelajaran yang holistik, dimana komik berperan dalam membangkitkan motivasi intrinsik dan rasa ingin tahu, sedangkan V-Taker mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui eksplorasi saintifik. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan multimodal ini berhasil mentransformasi konsep abstrak matematika menjadi pengalaman belajar yang konkret dan bermakna.

Temuan ini menguatkan efektivitas integrasi media digital dalam pembelajaran geometri, khususnya dalam membangun pemahaman konseptual yang mendalam tentang hubungan volume tabung dan kerucut. Visualisasi interaktif yang ditampilkan melalui media digital memungkinkan siswa mengeksplorasi proses perbandingan volume secara nyata, sehingga konsep tidak hanya dipahami secara prosedural, tetapi juga secara maknawi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Mandailina (2024) bahwa pemanfaatan media digital interaktif dalam geometri tidak hanya menyajikan visualisasi, tetapi juga membantu siswa

membangun pemahaman konseptual secara bertahap melalui pengalaman eksploratif yang menyerupai proses nyata.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa integrasi V-Taker GeoGebra dan komik digital “Misteri di Pabrik Ice Cream” berhasil menciptakan alur pembelajaran yang efektif untuk materi perbandingan volume tabung dan kerucut. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan *design research* melalui tiga tahap utama: 1) persiapan eksperimen; 2) perancangan eksperimen, dan; 3) analisis retrospektif mampu menghasilkan prototipe pembelajaran yang *feasible* dan *effective*.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa integrasi kedua media digital ini berhasil mengatasi kesenjangan antara pemahaman prosedural dan konseptual siswa. Melalui alur pembelajaran *discovery learning* yang terstruktur dalam enam tahap, siswa tidak hanya menguasai konsep secara prosedural tetapi juga mampu menjelaskan alasan matematis hubungan volume tabung dan kerucut.

Hasil angket respons siswa dengan skor rata-rata 3,884 (kategori sangat tinggi) membuktikan bahwa pendekatan ini efektif dalam meningkatkan daya tarik pembelajaran, pemahaman konsep, kejelasan penyajian materi, motivasi belajar, serta aspek teknis media. Sinergi antara narasi kontekstual dalam komik dan eksperimen interaktif dalam V-Taker GeoGebra menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan bermakna, sesuai dengan tuntutan pembelajaran di era Society 5.0.

Daftar Pustaka

- Danday, B. A. (2023). Fostering critical thinking among pre-service teachers through a multiple representation-based collaborative pedagogical approach. In N. Rezaei (Ed.), *Brain, decision making and mental health* (pp. 191–217). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15959-6_11
- Febriyandani, R., & Kowiyah, K. (2021). Pengembangan media komik dalam pembelajaran matematika materi pecahan kelas IV sekolah dasar. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 4(2), 323-330.

- Gao, L., Xu, K., Wang, H., & Peng, Y. (2022). Multi-representation knowledge distillation for audio classification. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 5089–5112. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11610-8>
- Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 29–63). Routledge.
- Gusteti, M. U. (2024). *Era Digital dalam Kelas Matematika: Menggabungkan Teknologi dengan Alat Peraga Tradisional*. Mega Press Nusantara.
- Hamdani, M., Prayitno, B. A., & Karyanto, P. (2019). Meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui metode eksperimen. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning* (Vol. 16, No. 1, pp. 139-145).
- Hasanudin, C. (2025). *Revolusi Media Pembelajaran di Era Society 5.0 untuk Mendorong Pembelajaran berbasis Teknologi*. Seval Literindo Kreasi.
- Liu, L., Margoni, F., He, Y., & Liu, H. (2021). Neural substrates of the interplay between cognitive load and emotional involvement in bilingual decision making. *Neuropsychologia*, 151, 107721.
- Mandailina, V. (2024). Inovasi Media Pembelajaran Interaktif untuk Pengajaran Matematika di Era Digital. *Mathematical Proceedings of The Widya Mandira Catholic University*, 2(1), 134-149.
- Putrawangsa, S., & Hasanah, U. (2018). Integrasi teknologi digital dalam pembelajaran di era industri 4.0: Kajian dari perspektif pembelajaran matematika. *Jurnal tatsqif*, 16(1), 42-54.
- Renata, Z., Amrullah, A., & Triutami, T. W. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Berbantuan Geogebra untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Materi Geometri. *Mandalika Mathematics and Educations Journal*, 7(3), 1108-1125.
- Rizal, A. S. (2023). Relevansi Growth Mindset dengan Kurikulum Merdeka Belajar di Era Society 5.0.
- Sakina, U. P., Gunawan, G., & Irsal, I. L. (2024). *Pengaruh Strategi Pembelajaran Scaffolding Pada Zone Of Proximal Development (ZPD) Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa Pada Mata Pelajaran Matematika Kelas IV MIN 03 Kepahiang* (Doctoral dissertation, Institut Agama Islam Negeri Curup).
- Setiawan, Z., Pustikayasa, I. M., Jayanegara, I. N., Setiawan, I. N. A. F., Putra, I. N. A. S., Yasa, I. W. A. P., ... & Gunawan, I. G. D. (2023). *PENDIDIKAN MULTIMEDIA: Konsep dan Aplikasi pada era revolusi industri 4.0 menuju society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

- Silviyani, N. (2025). Kerangka Konseptual Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SD melalui Pertanyaan Terbuka Terstruktur. *FONDASI: Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(2), 34-41.
- Srisuk, P., Prastyo, D., & Tanod, M. J. (2024). Penerapan Model Story-Based Learning untuk Meningkatkan Literasi Multidimensional dan Keterlibatan Emosional Siswa Sekolah Dasar. *Bima Journal of Elementary Education*, 2(2), 69-77.
- Van den Akker, J., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (2012). Prototyping to reach product quality. Springer Science & Business Media.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). Educational design research. Routledge London.
- Whindayati, A. (2025). Hambatan Konseptual dan Miskonsepsi Siswa Dalam Materi Bangun Ruang di SDN Duren Sawit 06: Tinjauan Literatur. *AT-TAKLIM: Jurnal Pendidikan Multidisiplin*, 2(5), 487-496.
- Yuliana, L. (2025). *EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN INKUIRI TERHADAP HASIL BELAJAR DAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA MATERI VOLUME BANGUN RUANG* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Malang).