

Dari Konsep Abstrak ke Visual Interaktif: Penguatan Kompetensi Guru dalam Integrasi GeoGebra dan PhET dalam Pembelajaran Matematika

Muhamad Toyib¹, Adi Nurcahyo², Christina Kartika Sari³, Isnaeni Umi Machromah⁴, Sri Rejeki⁵, Rini Setyaningsih⁶, Nida Sri Utami⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Received : 12 Januari 2026, Revised : 26 Januari 2026, Published : 2 Februari 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Christina Kartika Sari

E-mail: christina.k.sari@ums.ac.id

Abstrak

Perubahan paradigma pembelajaran menuntut guru memberikan pengalaman belajar siswa melalui integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika. Teknologi seharusnya tidak sekedar sebagai media presentasi, tapi mampu mendukung konstruksi pengetahuan siswa, termasuk untuk konten matematika yang abstrak. Namun, kompetensi guru yang beragam dalam pemanfaatan teknologi dan berbagai kendala lainnya mengakibatkan guru belum optimal dalam mengintegrasikan teknologi di kelas matematika. Kegiatan ini berupaya menguatkan kompetensi guru dalam integrasi teknologi dengan lebih optimal melalui GeoGebra Classroom yang dan simulasi ready-to-use melalui PhET. Kegiatan berupa pelatihan kepada guru matematika SMA/SMK/MA se-Kabupaten Purwodadi dilaksanakan secara luring melalui participant active learning. Dari hasil evaluasi, guru merasa lebih percaya diri dalam mengintegrasikan teknologi, serta memiliki ide dan pengetahuan baru dalam pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika. Guru juga merasakan manfaat pelatihan, diantaranya peningkatan pengetahuan dan wawasan profesional guru, serta dukungan pengembangan perangkat pembelajaran.

Kata kunci - GeoGebra Classroom, TPACK, teknologi pembelajaran, simulasi interaktif, simulasi PhET

Abstract

The shift in learning paradigms requires teachers to provide meaningful learning experiences for students by integrating technology into mathematics instruction. Technology should not merely serve as a presentation medium but also support students' knowledge construction, particularly when dealing with abstract mathematical content. However, teachers' varying levels of technological competence and other constraints have limited the optimal integration of technology in mathematics classrooms. This activity aimed to strengthen teachers' competence in integrating technology more effectively through the use of GeoGebra Classroom and PhET's ready-to-use simulations. The activity was conducted as an offline training program for senior high school and vocational mathematics teachers (SMA/SMK/MA) across Purwodadi Regency, implemented using an active participant learning approach. Evaluation results indicated that teachers felt more confident in integrating technology into mathematics instruction and gained new ideas and knowledge about its use in mathematics learning. Teachers also perceived several benefits from the training, including enhanced professional knowledge and insights, as well as support for the development of instructional materials

Keywords - GeoGebra Classrooms, TPACK, learning technology, interactive simulation, PhET simulations

How To Cite : Toyib, M., Nurcahyo, A., Sari, C. K., Machromah, I. U., Rejeki, S., Setyaningsih, R., & Utami, N. S. (2026). Dari Konsep Abstrak ke Visual Interaktif: Penguatan Kompetensi Guru dalam Integrasi GeoGebra dan PhET dalam Pembelajaran Matematika. Jurnal Pengabdian Masyarakat Mentari, 2(7), 327–337. <https://doi.org/10.59837/jpmm.v2i7.235>

Copyright ©2026 Muhamad Toyib, Adi Nurcahyo, Christina Kartika Sari, Isnaeni Umi Machromah, Sri Rejeki, Rini Setyaningsih, Nida Sri Utami

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

PENDAHULUAN

Abad 21 menuntut perubahan paradigma pembelajaran untuk memberikan pengalaman lebih kepada siswa dalam penggunaan teknologi. Sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran, guru harus menguasai pemanfaatan teknologi yang membuat pembelajaran lebih bermakna. Kompetensi guru menjadi topik krusial seiring perkembangan teknologi masa kini (Nurfadillah et al., 2025). Menurut *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) (2000), teknologi penting dalam memengaruhi matematika yang diajarkan guru, serta teknologi mampu memfokuskan perhatian siswa dalam pengambilan keputusan, penalaran, dan *problem solving*. Karakteristik matematika sekolah yang abstrak menuntut guru berinovasi dalam visualisasi objek matematika maupun hubungan antarkonsep, terutama melalui pendekatan pembelajaran yang memungkinkan konsep-konsep tersebut ditampilkan secara dinamis dan interaktif. Teknologi seharusnya diposisikan sebagai *mindtools* yang mendukung proses konstruksi pengetahuan, alih-alih sekadar digunakan sebagai alat penyebaran informasi dalam pembelajaran (Jonassen, 2003).

Dalam praktik pembelajaran di sekolah menengah, pemanfaatan teknologi masih menemui beberapa tantangan. Guru telah menggunakan teknologi untuk persiapan pembelajaran dan penyampaian instruksi, tapi praktik dalam pembelajaran konstruktivis dan penguatan pembelajaran belum optimal (Abedi, 2024). Alenezi (2017) memaparkan ada 2 tipe hambatan integrasi teknologi dalam pembelajaran, yakni keterbatasan waktu guru dalam menyiapkan pembelajaran berbasis teknologi, keterbatasan akses terhadap sumber daya, kebijakan dan pembatasan institusional, serta hambatan lainnya berupa tingkat kenyamanan dan kepercayaan diri guru dalam menggunakan teknologi. Kondisi ini menyebabkan adanya kesenjangan antara tuntutan ideal integrasi teknologi dalam pembelajaran dan praktik pembelajaran yang benar-benar terjadi di ruang kelas. Meskipun sebagian besar guru matematika pernah menggunakan teknologi dalam pembelajaran, praktik ini digunakan pada beberapa materi dan masih didominasi pada penggunaan perangkat lunak untuk presentasi, seperti PowerPoint (Mailizar & Fan, 2020b). Keterampilan guru dalam pemanfaatan TIK ini penting dan merupakan faktor krusial dalam efektifitas integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran sehingga berdampak pada literasi digital siswa (Firmansyah, 2025).

Agar guru tidak bertahan pada praktik *low-quality integration* atau *teacher-centered* dalam pemanfaatan teknologi, guru harus didukung dalam hal teknis, pedagogi, maupun pengembangan profesional berkelanjutan (Chiu, 2022). Di Indonesia, kompetensi guru sekolah menengah dalam penguasaan TIK secara umum maupun dalam proses pembelajaran belum optimal sehingga perlu pelatihan dan dukungan pengembangan kompetensi tersebut (Mailizar & Fan, 2020a). Dukungan ini tidak hanya guru dapat mengoperasikan perangkat lunak, tapi penggunaannya dalam praktik pembelajaran di kelas agar pembelajaran lebih bermakna. Tanpa dukungan yang memadai, penggunaan teknologi oleh guru matematika cenderung terbatas pada penyampaian informasi.

Berbagai perangkat lunak telah tersedia dan dapat dimanfaatkan guru matematika dalam mengkonstruksi pemahaman siswa pada konten matematika yang bersifat abstrak, salah satunya GeoGebra. Perangkat ini mudah digunakan, memungkinkan adanya *discovery learning*, dan pembelajaran kolaboratif, sehingga mendukung transisi pembelajaran dari yang berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa (Dahal et al., 2022). Perangkat lunak ini terbukti memiliki pengaruh positif sebagai *scaffolding* visualisasi dinamis dalam pembelajaran geometri dan kalkulus (Zhang et al., 2025). Meskipun GeoGebra merupakan perangkat lunak yang telah dikenal luas dalam pembelajaran matematika, implementasi pada matematika sekolah juga memiliki banyak tantangan. Guru berhadapan dengan keterbatasan kompetensi TIK, keterbatasan akses, rasio siswa dan guru yang tinggi, keterbatasan waktu pembelajaran, keterbatasan guru menafsirkan *output* GeoGebra, serta kurangnya pelatihan guru yang memadai (Sarah, 2024).

Selain visualisasi melalui GeoGebra, guru matematika juga dapat memanfaatkan aplikasi yang menyediakan simulasi interaktif yang dapat membantu membangun intuisi dan pemahaman konseptual siswa. Salah satu aplikasi yang dapat dimanfaatkan guru adalah PhET Interactive

Simulations. Ini merupakan simulasi komputer interaktif berbasis riset yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder, berisi lebih dari 130 simulasi gratis di bidang matematika dan sains (Villaruel, 2025). Aplikasi ini dapat mendukung guru tanpa perlu mendesain simulasi atau visualisasi dari awal. PhET juga mengintegrasikan berbagai bentuk representasi, seperti objek visual, grafik, angka, dan simbol, yang memungkinkan siswa menghubungkan berbagai representasi matematis dan saintifik secara simultan. Selain itu, simulasi PhET mengaitkan konsep yang dipelajari dengan konteks dunia nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dan bermakna bagi siswa (PhET-iO, 2016). PhET berperan dalam transformasi pembelajaran digital yang eksploratif dan kolaboratif (Harahap et al., 2025). PhET terbukti memberi dampak positif pada pemahaman matematika dan keterlibatan siswa di kelas (Arifin et al., 2023). Analisis bibliometrik menunjukkan penggunaan PhET masih didominasi pada pembelajaran fisika dibanding matematika, yang tampak dari dominasi kata kunci fisika pada kajian-kajian yang telah ada (Harahap et al., 2025). Kondisi ini mengindikasikan bahwa pemanfaatan PhET dalam pembelajaran matematika masih memerlukan penguatan, khususnya melalui pelatihan dan pengembangan kompetensi pedagogis guru matematika agar simulasi dapat diintegrasikan secara bermakna dalam pembelajaran.

Dalam pengembangan kompetensi guru, kebutuhan pendampingan pemanfaatan teknologi bagi guru matematika sangat relevan untuk dilakukan. Kajian literature review terkait kompetensi pedagogi guru di Indonesia menunjukkan bahwa sebagian besar guru memiliki kemampuan memadai dalam perencanaan pembelajaran dan pengelolaan kelas, tetapi terdapat kekurangan signifikan dalam integrasi teknologi dan penggunaan metode pembelajaran yang inovatif (Baskara & Sutarni, 2024). Hal tersebut menunjukkan perlunya pendampingan penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Demikian pula dengan guru-guru matematika SMA/SMK/MA di Kabupaten Grobogan dengan latar belakang yang beragam. Sebagian besar guru belum menggunakan teknologi secara optimal dalam pembelajaran. Meskipun sudah mengenal GeoGebra, tapi guru belum optimal dalam penggunaan Geogebra Classroom, seperti memahami tools yang ada, mengenali menu-menu yang disediakan, serta mengeksplor penggunaannya secara optimal. Guru juga belum banyak mengenal terkait PhET, dimana website ini telah menyediakan berbagai macam simulasi materi sekolah yang siap digunakan dalam pembelajaran. Dengan mempelajari penggunaan Geogebra Classroom dan PhET, guru diharapkan dapat mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran secara optimal secara *real time* dengan Geogebra dan media siap pakai dengan PheT. Oleh karena itu, program ini bertujuan untuk menguatkan kompetensi pedagogis terkait integrasi teknologi dalam pembelajaran.

Berdasarkan uraian di atas, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika tidak hanya mengenai ketersediaan akses, tapi perlu pendampingan pada guru untuk menjadikan pembelajaran konstruktif dan lebih bermakna bagi siswa. GeoGebra dan PhET memiliki potensi kuat untuk diimplementasikan di kelas sebagai pendukung pembelajaran yang konstruktif dan kolaboratif karena kemudahan akses, ketersediaan fitur visualisasi dan simulasi interaktif, serta kesesuaiannya dengan karakteristik konten matematika sekolah.

METODE

Kegiatan ini berbentuk pelatihan memanfaatkan GeoGebra dan PhET dalam pembelajaran matematika. Kegiatan terdiri dari tiga tahapan utama, yakni persiapan, inti dan evaluasi. Pada tahap persiapan, kegiatan dimulai dengan koordinasi dengan kelompok Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Matematika tingkat SMA/SMK/MA se-Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, kemudian dilakukan penyusunan bahan tayang dan lembar evaluasi. Pada tahap inti, pelatihan terbagi menjadi dua sesi, yakni pelatihan GeoGebra Classroom dan pelatihan pemanfaatan PhET. Sedangkan pada tahap akhir, evaluasi dilakukan melalui angket pasca kegiatan.

Kegiatan ini dilaksanakan secara luring dengan melibatkan 48 guru matematika tingkat SMA/SMK/MA sederajat se-Kabupaten Grobogan. Pelatihan dikemas dalam *participant active learning* sehingga peserta dapat secara aktif dan interaktif terlibat dalam proses kegiatan. Desain kegiatan tidak

diarahkan pada pengukuran efektivitas secara eksperimental, tapi pada penguatan kompetensi guru dalam mengintegrasikan GeoGebra dan PhET secara pedagogis sesuai dengan konteks pembelajaran matematika sekolah menengah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara garis besar, kegiatan utama terbagi dalam dua sesi, yakni pelatihan pemanfaatan GeoGebra Classroom dalam pembelajaran matematika dan pelatihan pemanfaatan PhET dalam pembelajaran matematika, sebagaimana tampak pada Gambar 1. Pada sesi pertama, narasumber memulai dengan menjelaskan manfaat GeoGebra Classroom dalam pembelajaran. Selain manfaat dalam hal visualisasi, kemandirian belajar dan kolaborasi, hal yang menjadi penekanan adalah fasilitas evaluasi formatif yang bisa dilakukan guru melalui GeoGebra Classroom. Selama ini, guru cenderung hanya memanfaatkan aplikasi GeoGebra versi offline, sehingga potensi fitur evaluasi formatif berbasis daring belum optimal digunakan. Melalui integrasi fitur interaktif dan tugas pemecahan masalah, GeoGebra Classroom memungkinkan guru merancang dan mengevaluasi kemampuan pemecahan masalah siswa secara berkelanjutan dengan instrumen yang valid dan terstruktur (Rosyidi et al., 2024).



Gambar 1.

Kegiatan pelatihan pemanfaatan GeoGebra Classroom dan PhET dalam pembelajaran matematika

Pelatihan dimulai dengan pemaparan tentang GeoGebra versi offline dengan GeoGebra Classroom, termasuk aksesnya oleh guru dan siswa. Guru-guru cenderung sudah familiar dengan GeoGebra versi offline karena ini memang perangkat lunak gratis yang dikembangkan untuk pembelajaran matematika. Untuk itu, pengenalan interface GeoGebra tidak lagi dilakukan secara mendalam, tapi lebih fokus pada fasilitas GeoGebra Classroom yang mendukung pembelajaran kolaboratif dan interaktif memungkinkan pemantauan aktivitas siswa.

Pelatihan ini tidak hanya fokus pada kemampuan guru dalam mengoperasikan GeoGebra Classroom, tapi bagaimana guru matematika dapat menggunakannya dalam proses pembelajaran. Konten pelatihan mencakup Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) atau modul ajar mata pelajaran matematika yang mengintegrasikan GeoGebra Classroom. Dalam pelatihan ini, contoh materi yang diulas adalah lingkaran, guru mencoba berperan sebagai siswa untuk dapat memahami dan merasakan pengalaman nyata sebelum menyusun produk masing-masing. Meskipun pelatihan ini fokus pada materi lingkaran, nantinya guru dapat memilih konten matematika sekolah lainnya yang relevan dengan materi yang diajarkan di sekolahnya masing-masing.

Pada desain modul ajar atau RPP, guru diarahkan untuk menyusun tujuan pembelajaran yang memuat aktivitas pada GeoGebra Classroom, seperti menganalisis hubungan antara perubahan titik pusat dan jari-jari terhadap bentuk grafik dan persamaan lingkaran melalui manipulasi slider pada

GeoGebra Classroom; serta menyampaikan hasil diskusi kelompok melalui GeoGebra Classroom secara mandiri atau kolaboratif. Dengan ini, guru diharapkan mengintegrasikan GeoGebra Classroom dalam pembelajaran matematika sehingga pembelajaran menjadi semakin bermakna. Pembelajaran didesain dengan *blended learning* melalui tatap muka dan GeoGebra Classroom. Selanjutnya, peserta dapat mengakses tautan GeoGebra Classroom untuk dapat berpartisipasi aktif dalam pelatihan sebagai siswa. Classroom memuat beberapa aktivitas yang mendukung konstruksi pengetahuan siswa terkait lingkaran seperti tampak pada Gambar 2.

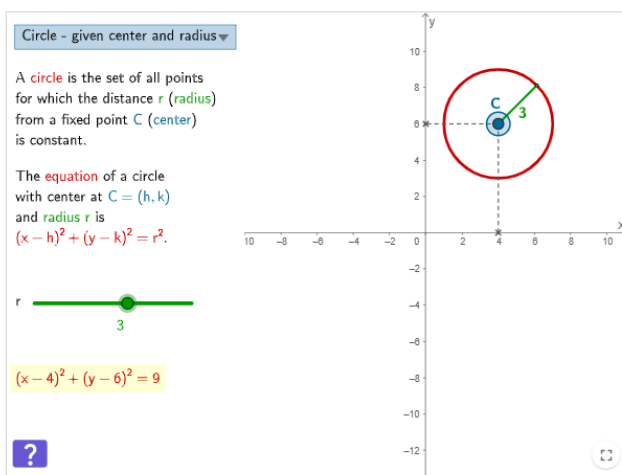
Lingkaran - Materi+Latihan



Temukan cara menulis persamaan lingkaran jika diketahui titik pusat dan jari-jarinya, dan cara mencari titik pusat dan jari-jari jika diketahui persamaan umum lingkaran.

Eksplor applet, lalu jawab pertanyaan yang ditampilkan di bawah ini.

Task 1



Gambar 2.

Contoh aktivitas siswa dalam GeoGebra Classroom pada materi lingkaran

Gambar 2 menampilkan contoh aktivitas pada GeoGebra Classroom yang mendorong eksplorasi konsep secara visual dan interaktif sehingga siswa dapat mendapat pengalaman langsung mengamati representasi lingkaran. Dengan memanipulasi jari-jari lingkaran melalui *slider*, siswa dapat mengamati dan menganalisis perubahan yang terjadi pada sketsa dan rumus lingkaran yang terbentuk. Selanjutnya, siswa dapat dipandu dengan aktivitas-aktivitas berkelanjutan pada GeoGebra Classroom sebagai lembar aktivitas siswa, seperti pada Gambar 3. Guru dapat memantau progress seluruh siswa dalam mengerjakan aktivitas-aktivitas tersebut.

Task 2

Pilih opsi "Lingkaran - diketahui titik pusat dan jari-jari" di aplikasi di atas, lalu geser titik pusat C di (0,0). Gunakan slider untuk menampilkan lingkaran yang berbeda dengan titik pusat di (0,0). Tuliskan persamaan lingkaran dengan titik pusat di (0,0) dan jari-jari r?

Answer input field with a text area and a "CHECK MY ANSWER" button.

Task 3

Sebuah lingkaran dengan pusat C=(0,0) melalui P=(2,3). Tulis persamaan lingkarannya?

Answer input field with a text area and a "CHECK MY ANSWER" button.

Gambar 3.

Contoh lembar kerja siswa dalam GeoGebra Classroom

Selain mendukung visualisasi dan konstruksi pengetahuan siswa, GeoGebra Classroom juga dapat dimanfaatkan guru untuk evaluasi pembelajaran. Pelatihan ini memberikan pengalaman dalam menggunakan GeoGebra Classroom untuk evaluasi melalui soal berbentuk *essay* atau pilihan ganda seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5. Fitur ini memberikan guru gambaran progres siswa dalam memahami konten matematika yang sedang dipelajari.

Ketika $a = b = 0 \dots$

Tick all that apply

A ☐ Grafik melalui titik (0,0)

B ☐ Pusat lingkaran adalah (0,0)

C ☐ Pusat lingkaran terletak pada sumbu-y

D ☐ Pusat lingkaran terletak pada sumbu-x

CHECK MY ANSWER (3)

Gambar 4.

Contoh soal bentuk pilihan ganda dalam GeoGebra Classroom

Apakah persamaan $x^2 + y^2 + 10x + 12y + 61 = 0$ merepresentasikan sebuah lingkaran?
Jika iya, tentukan pusat dan jari-jarinya.
Jika tidak, jelaskan mengapa persamaan tersebut bukan lingkaran.

Aa π Type your answer here...

CHECK MY ANSWER

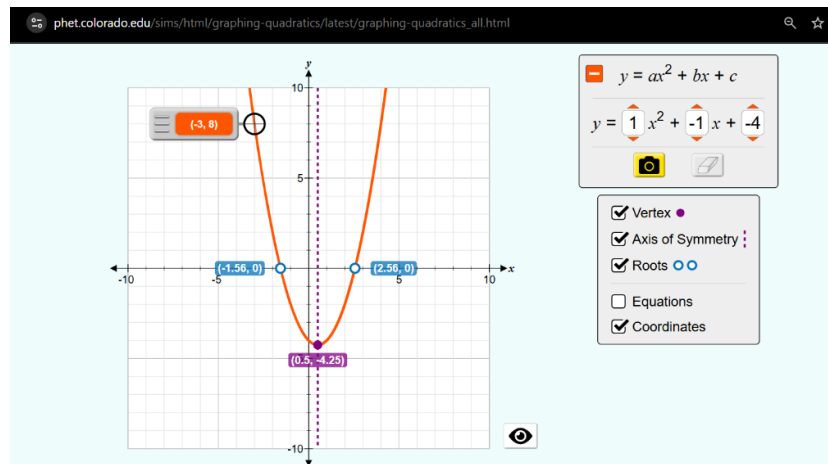
Gambar 5.

Contoh soal bentuk *essay* dalam GeoGebra Classroom

Pada pelatihan ini, GeoGebra Classroom dimanfaatkan sebagai media utama dalam pembelajaran matematika berbasis visual interaktif. Media ini terbukti efektif dalam meningkatkan capaian hasil belajar (Gosal et al., 2025; Sutopo & Ratu, 2022), motivasi siswa (Gosal et al., 2025), kreativitas siswa (Maharani et al., 2022), dan literasi matematika siswa (Raisatunnisa et al., 2025). GeoGebra Classroom memungkinkan siswa menghubungkan representasi visual, simbolik, dan numerik secara simultan, sehingga mendukung proses konstruksi pengetahuan yang lebih mendalam.

Meskipun GeoGebra Classroom memungkinkan visualisasi dan konstruksi pengetahuan siswa, tidak semua guru dapat menyiapkan desain aktivitas maupun evaluasi mengingat keterbatasan waktu dan beragamnya kompetensi guru dalam mengoperasikan GeoGebra. Padahal, materi matematika sekolah yang bersifat abstrak perlu visualisasi agar siswa mudah dalam mengkonstruksi pengetahuan. Oleh karena itu, pelatihan ini juga mengenalkan pemanfaatan PhET dalam pembelajaran matematika sebagai alternatif guru dalam menyajikan simulasi-simulasi konsep matematika yang bermakna.

Pelatihan dimulai dengan peserta mengakses tautan PhET melalui <https://phet.colorado.edu/>. Selanjutnya, paparan terkait fasilitas-fasilitas yang disediakan oleh PhET, salah satunya simulasi pada konten matematika pada menu *Simulations: Math & Statistics*. Pada pelatihan ini, topik yang diulas mengenai grafik fungsi kuadrat sebagaimana tampak pada Gambar 6. PhET menyediakan beberapa simulasi terkait fungsi kuadrat, seperti eksplorasi bentuk grafik fungsi kuadrat, titik puncak (*vertex*), serta pengaruh koefisien terhadap sketsanya. Guru dapat memanipulasi nilai koefisien atau karakteristik lain untuk membangun pemahaman siswa terhadap grafik fungsi kuadrat secara komprehensif.

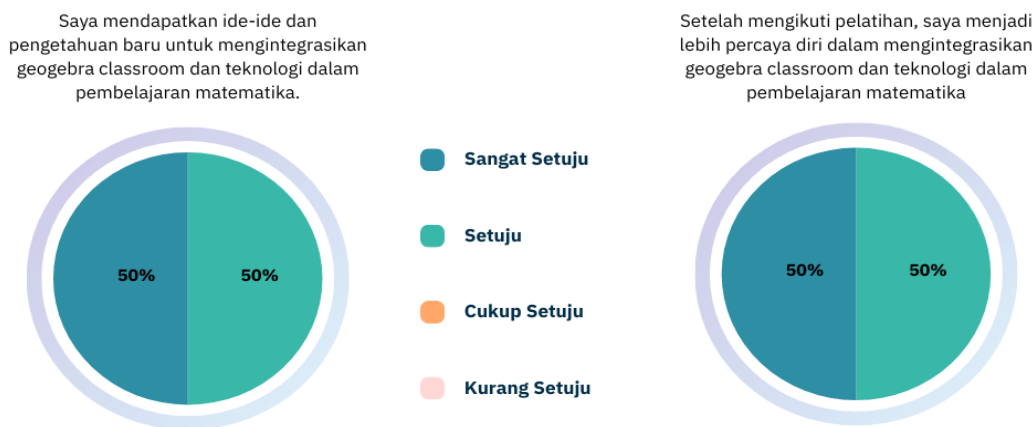


Gambar 6.

Contoh simulasi konten fungsi kuadrat dalam PhET

Pelatihan ini mengajak guru memanfaatkan laman PhET yang menyediakan *simulasi ready-to-use* untuk pembelajaran matematika. Media ini memudahkan guru dalam persiapan pembelajaran tanpa perlu mendesain simulasi dari awal. Menurut Meadows & Caniglia (2019), PhET menyediakan simulasi dinamis dengan berbagai representasi cara mengonkretkan konsep-konsep abstrak, mendukung pembelajaran inkuiri, memungkinkan percobaan dan umpan balik dengan cepat. Selain itu, PhET juga menjadikan pembelajaran menarik dan menyenangkan bagi guru dan siswa (Meadows & Caniglia, 2019). PhET Guru diarahkan untuk mengintegrasikan media ini dalam aktivitas eksplorasi langsung oleh siswa maupun diskusi kelas, sehingga siswa dapat memiliki pengalaman bermakna dalam mengkonstruksi pengetahuannya.

Pada akhir pelatihan, angket pasca kegiatan diberikan kepada guru untuk mengevaluasi pelatihan ini. Respon guru terkait apakah guru mendapatkan ide baru kepercayaan diri dalam integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika dapat dilihat pada Gambar 7. Seluruh responden menyatakan setuju atau sangat setuju bahwa mereka mendapatkan ide-ide dan pengetahuan baru dalam integrasi teknologi dalam pembelajaran. Di samping itu, seluruhnya juga menyatakan setuju dan sangat setuju bahwa kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan teknologi juga meningkat. Hal ini sejalan dengan uraian Ibrahim et al. (2024) bahwa pelatihan PhET meningkatkan pemahaman dan kepercayaan diri calon guru. Selain itu, menurut Zayyadi et al. (2019), pelatihan GeoGebra membuat guru lebih percaya diri dalam membuat gambar-gambar untuk bahan ajar dan latihan soal.



Gambar 7.

Respon guru terkait integrasi teknologi dalam pembelajaran setelah pelatihan

Survei pasca pelatihan juga mengevaluasi manfaat yang dirasakan guru setelah mengikuti pelatihan. Respon guru terkait manfaat yang dirasakan dapat dilihat pada Gambar 8. Peningkatan pengetahuan dan wawasan profesional guru, dukungan pengembangan perangkat pembelajaran dan peningkatan kualitas pembelajaran menjadi manfaat yang dirasa paling dominan. Selain itu, guru juga menyatakan manfaat pelatihan terkait penguatan literasi teknologi, penguatan motivasi dan kemudahan akses penyajian materi. Menurut Yamin et al. (2023), pemanfaatan PhET diharapkan menjadikan guru lebih kreatif dan inovatif. Pembelajaran yang mengintegrasikan PhET berpengaruh efektif dalam capaian hasil belajar matematika (Ningsih et al., 2023). Sejalan dengan Siregar et al. (2023), pemanfaatan GeoGebra bagi guru dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran, menciptakan pembelajaran yang kreatif dan inovatif, serta memiliki pemahaman dalam pengembangan media pembelajaran. Pelatihan GeoGebra Classroom juga dapat meningkatkan pengalaman guru dalam penggunaan teknologi dalam pembelajaran dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran (Rizkianto et al., 2025).



Gambar 8.

Respon guru terkait manfaat yang dirasakan setelah pelatihan

Integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika seharusnya tidak hanya sebagai media presentasi, tapi visualisasi, eksplorasi konsep, konstruksi pengetahuan dan evaluasi dalam pembelajaran. Penggunaan ICT tools memberikan dampak positif dalam pencapaian belajar matematika siswa, secara khusus ICT tools dapat digunakan untuk memvisualkan konsep matematika, membuat model 3D, menemukan solusi, serta merepresentasikan grafik dari konsep matematika yang lebih kompleks (Maharjan et al., 2022). Rosyidi et al. (2024) memanfaatkan Google Classroom untuk mengembangkan asesmen pemecahan masalah matematika. Geogebra Classroom memberi ruang bagi guru untuk memantau aktivitas siswa secara real time. Sementara PhET memungkinkan guru mengintegrasikan teknologi sebagai simulasi konsep tanpa perlu mendesain media dari awal. Penguatan kompetensi guru pada kedua media tersebut, termasuk kompetensi pedagogi guru dalam mengintegrasikannya dalam pembelajaran matematika, dapat berkontribusi dalam kesiapan dan kepercayaan diri guru dalam menyajikan pembelajaran matematika yang bermakna, berpusat pada siswa dan kontekstual.

KESIMPULAN

Penguatan integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika dilaksanakan melalui pelatihan pemanfaatan GeoGebra Classroom dan PhET bagi guru SMA/SMK/MA sederajat. Pelatihan GeoGebra Classroom fokus pada konstruksi pengetahuan oleh siswa dan kesempatan guru memantau aktivitas siswa sehingga mendukung pembelajaran konstruktif dan interaktif. Sedangkan dalam pelatihan PhET guru diarahkan memanfaatkan simulasi PhET untuk mendukung pembelajaran

matematika yang bermakna tanpa perlu mendesaian simulasi dari awal. Dari evaluasi pasca pelatihan, seluruh responden menyetujui bahwa pelatihan memberikan ide dan pengetahuan baru dalam integrasi teknologi pembelajaran, serta meningkatkan kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan teknologi. Oleh karena itu, pelatihan pemanfaatan GeoGebra Classroom dan PhET perlu dilanjutkan dengan pendampingan berkelanjutan agar guru semakin terampil dalam merancang aktivitas pembelajaran dan evaluasi yang selaras dengan tujuan pembelajaran matematika. Selain itu, kegiatan ke depannya juga dapat mengarah pada pendampingan praktik implementasi langsung di kelas dari desain aktivitas pembelajaran terintegrasi teknologi yang telah disusun oleh guru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abedi, E. A. (2024). Tensions between technology integration practices of teachers and ICT in education policy expectations: implications for change in teacher knowledge, beliefs and teaching practices. *Journal of Computers in Education*, 11(4), 1215–1234. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00296-6>
- Alenezi, A. (2017). Obstacles for teachers to integrate technology with instruction. *Education and Information Technologies*, 22, 1797–1816. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9518-5>
- Arifin, S., Razali, F., & Rahayu, W. (2023). Integrating PhET Interactive Simulations to Enhance Students' Mathematical Understanding and Engagement in Learning Mixed Fractions. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 10, 241–252. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24235/al.ibtida.snj.v10i2.15056>
- Baskara, A., & Sutarni, N. (2024). Kompetensi Pedagogik Guru SMA di Indonesia : Sebuah Systematic Literature Review. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*, 13(3), 3481–3496.
- Chiu, T. K. F. (2022). School learning support for teacher technology integration from a self-determination theory perspective. *Educational Technology Research and Development*, 70, 931–949. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11423-022-10096-x>
- Dahal, N., Pant, B. P., Shrestha, I. M., & Manandhar, N. K. (2022). Use of GeoGebra in Teaching and Learning Geometric Transformation in School Mathematics. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16(08), 65–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.3991/ijim.v16i08.29575> Niroj
- Firmansyah, R. (2025). Analisis Kebutuhan ICT dalam Pengajaran Matematika untuk Meningkatkan Literasi Digital Siswa di Indonesia. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 6(1), 815–825. <https://doi.org/http://doi.org/10.54373/imeij.v6i1.2438>
- Gosal, M. J. J., Pulukadang, R. J., & Mangobi, J. U. L. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Geogebra Classroom Pada Materi Translasi. *Future Academia: The Journal of Multidisciplinary Research on Scientific and Advanced*, 3(3 SE-Articles), 1094–1098. <https://doi.org/10.61579/future.v3i3.528>
- Harahap, F. S., Susetyarini, E., Purwanti, E., Fitri, S., Rukman, N. K., & Pohan, H. M. (2025). PhET simulation in education: A bibliometric analysis of the Scopus database. *Research and Development in Education (RaDeN)*, 5(1 SE-Articles), 555–570. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.40504>
- Hermanto, R., & Santika, S. (2016). Analisis hasil uji kompetensi guru matematika sekolah menengah pertama (SMP) di Kota Tasikmalaya. *JP3M: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pengajaran Matematika*, 2(2), 135–142.
- Ibrahim, Bahtiar, Maimun, Suranti, N. M. Y., Alimuddin, N., Yuni, B., Wahyuningsih, & Hasnawati. (2024). Pelatihan penggunaan PhET simulation untuk meningkatkan keterampilan IPA calon guru SD tahun 2024. *Jurnal Interaktif: Warta Pengabdian Pendidikan*, 4(1), 33–38.
- Jonassen, D. (2003). Using Cognitive Tools to Represent Problems. *Journal of Research on Technology in Education*, 35(3), 362–381. <https://doi.org/10.1080/15391523.2003.10782391>
- Kurniawati, A. (2013). Analisis Kompetensi Pedagogik Guru Matematika SMP Negeri di Malang. *Jurnal*

- Kebijakan Dan Pengembangan Pendidikan, 1(14), 1–8.
- Maharani, R. D., Dasari, D., & Nurlaelah, E. (2022). Analisis hambatan belajar (learning obstacle) siswa SMP pada materi peluang. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 3201. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6214>
- Maharjan, M., Dahal, N., & Pant, B. P. (2022). ICTs into mathematical instructions for meaningful teaching and learning. *Adv Mobile Learn Educ Res*, 2(2), 341–350. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2022.02.004>
- Mailizar, & Fan, L. (2020a). Indonesian Teachers' Knowledge of ICT and the Use of ICT in Secondary Mathematics Teaching. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.29333/ejmste/110352>
- Mailizar, M., & Fan, L. (2020b). Examining Indonesian Secondary School Mathematics Teachers' Instructional Practice in the Integration of Technology. *Universal Journal of Educational Research*, 8(10), 4692–4699. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.081038>
- Meadows, M. L., & Caniglia, J. C. (2019). Using PhET Simulations in the Mathematics Classroom. *Mathematics Teacher*, 112(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.5951/mathteacher.112.5.0386>
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Ningsih, V. M. V., Anggraini, D. M., Safitri, R. S., & Ma'sum, C. A. M. (2023). Efektivitas Games Matematika Edukatif Aplikasi Phet Berbasis Model Problem Based Learning Di Kelas 4 MI Muhammadiyah 2 Kudus. *Tarunateach: Journal of Elementary School*, 2(1 SE-Articles), 1–11. <https://doi.org/10.54298/tarunateach.v2i1.167>
- Nurfadillah, S., Andriyani, R., & Arwen, D. (2025). The Use of Technology in the Development of Teacher- Teaching Competency Pedagogy in 21st-Century Learning. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10.
- PhET-iO. (2016). *About*. <https://phet-io.colorado.edu/about/>
- Raisatunnisa, Suryadi, D., Fatimah, S., Priatna, N., & Nasir, N. (2025). *Enhancing mathematical literacy through geogebra classroom-assisted learning: a case study in Indonesian secondary schools*. 13(1), 64–84.
- Rizkianto, I., Lestari, H. P., Hernawati, K., Dhoruri, A., Matematika, D. P., & Yogyakarta, U. N. (2025). Pemanfaatan GeoGebra Classroom sebagai inovasi pembelajaran matematika. *PROFICIO: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6, 837–845.
- Rosyidi, A. H., Sari, Y. M., Fardah, D. K., & Masriyah, M. (2024). Designing mathematics problem-solving assessment with GeoGebra Classroom: proving the instrument validity. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(3), 1038–1046. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21191>
- Sarah, M. K. B. (2024). East African Journal of Education Studies Integration of GeoGebra in Learning Mathematics: Benefits and Challenges. *East African Journal of Education Studies*, 7(4), 684–697. <https://doi.org/10.37284/eajes.7.4.2454>
- Siregar, N. U., Pulungan, F. K., Thahara, M., & Dalimunthe, N. F. (2023). Penerapan Aplikasi Geogebra pada Pembelajaran Matematika. *Journal on Education*, 05(03), 8151–8162.
- Sutopo, N. A., & Ratu, N. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran GeoGebra Classroom Sebagai Penguatan Pemahaman Konsep Materi Translasi Siswa SMP Kelas IX. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 06(01), 10–23.
- Villaruel, S. A. L. (2025). Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulations in Learning Selected Topics in Physics among College Students. *American Journal of Education and Technology (AJET)*, 4(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.54536/ajet.v4i3.4512>
- Yamin, M. A., Parwatiningsy, D., Dewi, D. R., & Piliang, M. Z. (2023). Pelatihan Pemanfaatan Perangkat Lunak PhET bagi Guru IPA Dan Matematika di SDIT Nuur A' laa Nuur Tambun Bekasi dalam Membentuk Pembelajaran yang Kreatif dan Inovatif Pendahuluan. *Indonesian*

Journal of Emerging Trends in Community Empowerment, 1(1), 7–14.

Zayyadi, M., Lanya, H., & Irawati, S. (2019). GeoGebra dan maple sebagai media pembelajaran matematika untuk meningkatkan kualitas guru matematika. *Abdimas Dewantara*, 2(1), 53–61.

Zhang, Y., Wang, P., Jia, W., Zhang, A., & Chen, G. (2025). Dynamic visualization by GeoGebra for mathematics learning: a meta-analysis of 20 years of research. *Journal of Research on Technology in Education*, 57(2), 437–458. <https://doi.org/10.1080/15391523.2023.2250886>