



Students' Mathematical Exploration Skills in Quadratic Functions: The Role of GeoGebra Learning Media

Hakiimul Hilmiy Alghozi¹, Dede Suratman², Dona Fitriawan³, Yulis Jamiah⁴, Ade Mirza⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Tanjungpura, Kalimantan Barat, Indonesia

Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78115

Email: hilmiyalghozi@gmail.com

Abstrak

Urgensi penelitian ini bermula dari peran krusial kemampuan eksplorasi untuk memahami materi fungsi kuadrat yang kerap dipandang sulit oleh siswa. Studi ini difokuskan pada analisis dampak penggunaan perangkat lunak GeoGebra terhadap keterampilan eksplorasi matematis. Metodologi yang diadopsi adalah eksperimen dengan menerapkan rancangan *Posttest-Only Control Design*. Populasi sasaran mencakup seluruh siswa kelas X SMA Negeri 14 Pontianak, dengan pemilihan kelas X A sebagai rombongan belajar eksperimen dan kelas X B sebagai pembandingan menggunakan teknik *cluster random sampling*. Data dihimpun menggunakan tes uraian yang mencakup lima parameter eksplorasi. Aplikasi uji statistik non-parametrik *U Mann-Whitney* menghasilkan nilai probabilitas 0,019 ($< 0,05$), yang membuktikan eksistensi perbedaan signifikan antar-kelompok. Kelompok eksperimen mencatatkan rerata skor 75,65, mengungguli kelompok kontrol yang sebesar 62,88. Meskipun demikian, nilai effect size sebesar 0,276 menunjukkan pengaruh GeoGebra masih berada di level rendah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa GeoGebra efektif memicu eksplorasi matematis, namun memerlukan durasi intervensi yang lebih panjang untuk hasil yang optimal.

Kata Kunci: GeoGebra, Eksplorasi Matematis, Fungsi Kuadrat, Media Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Sebagai disiplin ilmu universal, matematika memegang peranan krusial di berbagai ranah keilmuan serta menjadi landasan utama bagi kemajuan teknologi di era modern (Sumarni, 2018). Ekspektasi dalam pendidikan matematika kini tidak lagi terbatas pada kemahiran komputasi semata, melainkan juga mencakup penguasaan kecakapan eksplorasi matematis yang mumpuni bagi setiap siswa. Kemampuan eksplorasi adalah aktivitas mental untuk menggali ide, mencari pola, dan membangun pengetahuan baru melalui investigasi yang sistematis (K. E. Lestari & Yudhanegara, 2024). Sejalan dengan itu, eksplorasi memungkinkan peserta didik memperluas batas struktur pengetahuan mereka (Rosha et al., 2023) dan terlibat secara mendalam dalam proses pemecahan masalah (Veven et al., 2024).

Namun, realita pendidikan di Indonesia menunjukkan tantangan yang signifikan. Mengacu pada data evaluasi global yang dirilis oleh PISA edisi 2022, terungkap fakta bahwa tingkat literasi matematis pelajar di Indonesia belum sanggup mengimbangi perolehan rerata internasional (OECD, 2023). Secara spesifik, banyak peserta didik mengalami kesulitan saat dihadapkan pada tugas yang menuntut eksplorasi mandiri, yang sering kali berujung pada kesalahan dalam menarik kesimpulan matematis (A. Lestari et al., 2020). Persoalan ini semakin kompleks akibat masih dominannya pendekatan instruksional konvensional yang berpusat pada pendidik (*teacher-centered*), sehingga membatasi kemandirian siswa dalam mengonstruksi pemahaman mereka sendiri (Acim et al., 2024; Putri & Juandi, 2023; Sekarningrum et al., 2023).

Masalah ini terlihat jelas pada materi Grafik Fungsi Kuadrat, yang menuntut kemampuan visualisasi tinggi untuk memahami hubungan antara koefisien fungsi dengan bentuk kurva yang dihasilkan. Tanpa dukungan media interaktif, pembelajaran materi ini cenderung bersifat prosedural dan abstrak (Cevikbas et al., 2023). Oleh karena itu, diperlukan media pembelajaran dinamis yang mampu memfasilitasi proses penemuan konsep secara mandiri oleh peserta didik.

Penggunaan teknologi dalam pendidikan, khususnya perangkat lunak GeoGebra, menawarkan solusi inovatif bagi keterbatasan visualisasi tersebut. GeoGebra merupakan platform matematika dinamis yang mampu mengolaborasikan aspek geometri, aljabar, dan kalkulus secara terpadu (Afifah, 2024). Melalui fitur-fiturnya, GeoGebra berperan sebagai media eksplorasi yang membantu peserta didik melihat keterkaitan antar-konsep secara visual dan dinamis (Naya et al., 2022). Secara teoretis, pemanfaatan media ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme Piaget (2005) dan konsep Zone of Proximal Development (ZPD) dari Vygotsky (1978), di mana visualisasi dinamis membantu siswa menjembatani pemahaman konkret menuju pemahaman abstrak (Hohenwarter et al., 2007).

Walaupun studi mengenai GeoGebra sudah cukup luas, eksplorasi yang mendalam mengenai dampaknya terhadap lima parameter kecakapan eksplorasi matematika, khususnya pada materi fungsi kuadrat, hingga kini masih sangat minim dilakukan. Oleh karena itu, riset ini diarahkan untuk melakukan pengujian empiris terkait efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan kompetensi eksplorasi matematis siswa di lingkungan SMA Negeri 14 Pontianak. Temuan dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan

sumbangsih nyata dalam menciptakan iklim pembelajaran matematika berbasis digital yang lebih partisipatif dan esensial.

METODE PENELITIAN

Pendekatan kuantitatif diimplementasikan dalam riset ini dengan mengadopsi rancangan eksperimen bertipe *Posttest-Only Control Design*. Dalam pemilihan subjek penelitian, peneliti memanfaatkan prosedur *cluster random sampling*. Kesetaraan kemampuan awal kedua kelompok didasarkan pada prosedur pemilihan sampel secara acak kelompok dan informasi dari guru pengampu mengenai karakteristik peserta didik yang serupa di kedua kelas. Seluruh pelajar tingkat X di SMA Negeri 14 Pontianak periode akademik 2024/2025 ditetapkan sebagai populasi sasaran. Melalui skema *cluster random sampling*, terpilihlah dua kelompok sampel yaitu kelas X A (kelompok eksperimen, $n = 36$) dan kelas X B (kelompok kontrol, $n = 36$). Guna memverifikasi tingkat reliabilitas serta validitas alat ukur, kelas X C dilibatkan sebagai kelompok uji coba secara khusus.

Instrumen utama yang digunakan adalah tes kemampuan eksplorasi matematis dalam bentuk soal uraian (post-test) pada materi grafik fungsi kuadrat. Tes ini disusun berdasarkan lima indikator eksplorasi matematis, yaitu: (1) memahami masalah, (2) memeriksa pola, (3) melakukan pencarian informal, (4) memperjelas upaya, dan (5) membuat generalisasi atau simbolisasi (K. E. Lestari & Yudhanegara, 2024).

Analisis data diinisiasi dengan pengecekan prasyarat statistik, yang mencakup verifikasi homogenitas varians skor akhir serta pengujian normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*. Oleh karena distribusi data tidak memenuhi kriteria normalitas, maka pembuktian hipotesis dijalankan melalui instrumen statistik non-parametrik uji *U Mann-Whitney* dengan batas signifikansi $\alpha = 0,05$. Besarnya pengaruh penggunaan GeoGebra dihitung menggunakan rumus Effect Size r (Cohen, 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Basis data penelitian ini dihimpun melalui pencapaian tes akhir (*post-test*) kompetensi eksplorasi matematis yang membandingkan kelompok intervensi GeoGebra dengan kelompok instruksi konvensional. Ringkasan statistik deskriptif bagi kedua kelompok subjek tersebut tersaji secara rinci dalam Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Statistik Perolehan Skor Eksplorasi Matematis

Kelompok	N	Skor Minimum	Skor Maksimum	Mean	Standar Deviasi
Eksperimen (GeoGebra)	36	20	96,7	75,65	23,19
Kontrol (Konvensional)	36	20	96,7	62,88	26,09

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kelompok eksperimen membukukan rerata nilai 75,65 (SD = 23,19), sedangkan kelompok pembandingan mencatatkan perolehan rerata sebesar 62,88 (SD = 26,09). Komparasi perolehan ini memberikan sinyal bahwa penggunaan GeoGebra memicu performansi akademik yang lebih tinggi sekaligus persebaran data yang relatif konsisten dibandingkan metode belajar biasa. Sebelum pembuktian hipotesis dilakukan, naskah ini melewati fase verifikasi prasyarat analisis. Hasil pengecekan normalitas sebaran data via metode *Shapiro-Wilk* menghasilkan skor probabilitas senilai $< 0,001$ pada kelas eksperimen serta $0,001$ pada kelas kontrol. Konsekuensinya, kriteria distribusi normal tidak terpenuhi karena perolehan skor signifikansi berada di bawah ambang batas 0,05. Hal tersebut mendasari pemilihan uji *U Mann-Whitney* sebagai instrumen statistik non-parametrik untuk membandingkan rata-rata skor antar-kelompok.

Tabel 2. Hasil Uji U *Mann-Whitney*

	Post-test
<i>Mann-Whitney U</i>	441
<i>Wilcoxon W</i>	1107
<i>Z</i>	-2,340
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>	0,019

Peninjauan statistik pada Tabel 2 menyingkap nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,019, yang berakibat pada penolakan hipotesis nihil (H_0) karena angka tersebut $< 0,05$. Hal ini memperkuat argumentasi empiris bahwa terdapat disparitas kompetensi eksplorasi matematis yang signifikan antara siswa dalam lingkungan belajar GeoGebra dengan mereka di kelas konvensional. Selanjutnya, untuk melihat besarnya pengaruh, dilakukan uji *Effect Size*. Diperoleh nilai $r = 0,276$, yang menurut kriteria Cohen masuk dalam kategori Rendah ($0,1 < r < 0,3$).

Pembahasan

Temuan dalam riset ini menegaskan bahwa integrasi GeoGebra memberikan kontribusi positif yang bermakna terhadap peningkatan kecakapan eksplorasi matematis siswa pada topik fungsi kuadrat. Keunggulan ini dipicu oleh kapabilitas GeoGebra dalam

menyajikan fitur-fitur dinamis yang memfasilitasi peserta didik untuk melakukan manipulasi visual secara langsung terhadap objek-objek matematis. Pemanfaatan fitur *slider* pada GeoGebra memudahkan peserta didik dalam melewati indikator "memeriksa pola" dan "melakukan pencarian informal". Sebagai contoh, ketika peserta didik menggeser nilai koefisien a pada fungsi $y = ax^2$, mereka dapat langsung melihat perubahan lebar dan arah buka grafik. Visualisasi dinamis ini menjembatani pemahaman mereka dalam membuat "generalisasi" secara lebih cepat dibandingkan menggunakan metode menggambar manual di kertas (Naya et al., 2022).

Meskipun secara statistik signifikan, temuan menunjukkan bahwa nilai *effect size* berada pada kategori rendah (0,276). Ada beberapa faktor yang melatarbelakangi hal ini. Pertama, faktor adaptasi teknologi; sebagian peserta didik masih memerlukan waktu lebih untuk membiasakan diri dengan antarmuka perangkat lunak sebelum benar-benar masuk ke fase eksplorasi. Kedua, durasi intervensi yang terbatas menyebabkan proses konstruksi pengetahuan belum mencapai titik optimal secara merata pada seluruh siswa. Ketiga, karakteristik materi fungsi kuadrat yang memerlukan prasyarat kemampuan aljabar yang kuat, di mana peserta didik dengan hambatan pada konsep dasar aljabar tetap mengalami kesulitan meskipun dibantu media visual. Secara komprehensif, temuan riset ini memberikan dukungan empiris terhadap prinsip konstruktivisme yang dikembangkan oleh Piaget (2005). Dalam kerangka tersebut, GeoGebra diposisikan sebagai instrumen krusial yang memfasilitasi peserta didik dalam membangun struktur pengetahuan mereka secara mandiri melalui keterlibatan aktif dengan objek matematis yang bersifat dinamis. Implementasi GeoGebra terbukti melampaui efektivitas pendekatan instruksional konvensional, yang sering kali membatasi ruang gerak kognitif siswa dan menempatkan mereka sekadar sebagai penerima informasi yang pasif (Acim et al., 2024).

KESIMPULAN

Merujuk pada temuan riset serta diskusi hasil, dapat ditarik simpulan bahwa integrasi media GeoGebra memberikan dampak yang nyata bagi kompetensi eksplorasi matematika siswa kelas X SMA Negeri 14 Pontianak pada topik grafik fungsi kuadrat. Peserta didik yang belajar menggunakan GeoGebra menunjukkan capaian kemampuan eksplorasi yang lebih baik dibandingkan dengan mereka yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini terlihat dari perbedaan rata-rata skor *post-test* yang cukup

mencolok, di mana kelompok eksperimen unggul dalam indikator pemeriksaan pola dan pencarian informal melalui fitur visualisasi dinamis. Meskipun demikian, besarnya pengaruh penggunaan GeoGebra dalam penelitian ini tergolong dalam kategori rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun teknologi sangat membantu, efektivitasnya tetap bergantung pada kesiapan teknis peserta didik dan alokasi waktu pembelajaran yang tersedia. Secara praktis, pendidik matematika direkomendasikan untuk tidak sekadar menjadikan GeoGebra sebagai media visualisasi, namun juga mengoptimalkannya sebagai instrumen eksplorasi mandiri yang terorganisir lewat penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang relevan. Peneliti berikutnya diharapkan dapat memperpanjang periode intervensi atau memadukan penggunaan GeoGebra dengan strategi pembelajaran kreatif lainnya guna memperkuat dampak praktisnya secara lebih signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acim, A., Maysuri, T., & Sopacua, J. (2024). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Pada Sma Negeri 3 Maluku Tengah. *JIM: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, 9(4), 566–580.
- Afifah, H. (2024). Optimalisasi Pembelajaran Trigonometri Melalui Kombinasi Geogebra dan Infografis: Pendekatan yang Dinamis dan Menarik. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha*, 15(1), 17–22.
- Cevikbas, M., Greefrath, G., & Siller, H.-S. (2023). Advantages and challenges of using digital technologies in mathematical modelling education—a descriptive systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1142556.
- Cohen, J. (1992). Quantitative methods in psychology: A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155–159.
- Hohenwarter, M., Preiner, J., & Yi, T. (2007). Incorporating GeoGebra into teaching mathematics at the college level. *Proceedings of the International Conference for Technology in Collegiate Mathematics 2007*.
- Lestari, A., Nopela, L. A., & Lorenza, S. (2020). Deskripsi kemampuan eksplorasi mahasiswa dalam pemecahan masalah matematis. *JPT: Jurnal Pendidikan Tematik*, 1(3), 114–122.
- Lestari, K. E., & Yudhanegara, M. R. (2024). *Penelitian pendidikan matematika*. PT Refika Aditama.
- Naya, I. G. A. S., Wibawa, K. A., & Puspawati, K. R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Geogebra pada Topik Kubus dan Balok Untuk Siswa Kelas VIII. *Prosiding Mahasaraswati Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, 124–138.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I)*. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Piaget, J. (2005). *The psychology of intelligence*. Routledge.
- Putri, C. K., & Juandi, D. (2023). Implementasi STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis dan penalaran matematis. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*, 11(2), 350–359.
- Rosha, M., Anissaa, A. S., Umsipyat, G. H., & Santoso, G. (2023). Eksplorasi Matematika:

- Teori dan Penerapannya. *Jurnal Pendidikan Transformatif*, 2(5), 8–16.
- Sekarningrum, A., Shoffa, S., & Soemantri, S. (2023). Meta-Analisis: Peningkatan Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa melalui Implementasi Pembelajaran Kooperatif. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran Matematika*, 16(1), 86–104.
- Sumarni, Y. (2018). Matematika dalam ilmu manajemen. *Education*, 1(2), 11–24.
- Veven, Bistari, Fitriawan, D., Hamdani, Rustam, & Dashela, T. (2024). Mathematical exploration ability and students' habits of mind based on gender: a study in junior high school level. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(6), 3673–3685. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i6.28430>
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.