

Eksperimentasi Model Pembelajaran Berbasis Proyek berbantuan Aplikasi GeoGebra terhadap Kemampuan Matematika Siswa

Danang Saputra¹, *Choirudin², Wawan³, Agus Setiawan⁴, Muhammad Saidun Anwar⁵, Eka Fitria Ningsih⁶
^{1,2,3,4,5,6} Universitas Ma'arif Lampung, Indonesia
E-mail: choirudin.umala@gmail.com

Article History: Submission: 2025-03-09 || Accepted: 2025-06-13 || Published: 2025-06-18
Sejarah Artikel: Penyerahan: 2025-03-09 || Diterima: 2025-06-13 || Dipublikasi: 2025-06-18

Abstract

Students often struggle to understand rational number concepts due to their abstract nature and the lack of interactive visual learning tools in mathematics. This study employed a quasi-experimental approach with a Non-equivalent Control Group Design. The sample consisted of two seventh-grade classes: an experimental group (20 students) using project-based learning (PBL) integrated with the GeoGebra application and a control group (23 students) receiving conventional instruction. The assessment instrument was a conceptual understanding test with validated items and a reliability coefficient of $\alpha = 0.82$. The post-test results revealed a significant improvement in the experimental group (mean score = 83.4) compared to the control group (mean score = 70.2), with a t-test significance value of $0.000 < 0.05$. These findings indicate that integrating GeoGebra within a project-based learning framework significantly enhances students' understanding of rational numbers while fostering critical thinking and active participation. This study offers practical implications for developing innovative, technology-enhanced mathematics instruction.

Keywords: Project-Based Learning; GeoGebra; Rational Numbers; Quasi-Experiment; Mathematical Ability.

Abstrak

Pemahaman siswa terhadap konsep bilangan rasional masih rendah karena sifatnya yang abstrak dan minimnya penggunaan media visual interaktif dalam pembelajaran matematika. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi-eksperimental dengan desain Non-equivalent Control Group Design. Sampel terdiri dari dua kelas VII SMP, yaitu kelompok eksperimen (20 siswa) yang diberi perlakuan model Project-Based Learning berbantuan aplikasi GeoGebra dan kelompok kontrol (23 siswa) dengan pembelajaran konvensional. Instrumen tes terdiri dari soal uraian pemahaman konsep dengan validitas isi dan reliabilitas $\alpha = 0,82$. Hasil post-test menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen (rata-rata 83,4) dibandingkan kelompok kontrol (rata-rata 70,2), dengan signifikansi uji-t sebesar $0,000 < 0,05$. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi GeoGebra dalam pembelajaran berbasis proyek efektif meningkatkan pemahaman konsep bilangan rasional, sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan partisipasi aktif siswa. Studi ini memberikan kontribusi praktis bagi desain pembelajaran matematika yang inovatif dan berbasis teknologi.

Kata Kunci: Pembelajaran Berbasis Proyek; GeoGebra; Bilangan Rasional; Kuasi-Eksperimen; Kemampuan Matematika.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Matematika memainkan peran fundamental dalam membentuk kerangka berpikir logis, kritis, dan sistematis bagi peserta didik di semua jenjang pendidikan. Mata pelajaran ini tidak hanya memfasilitasi penguasaan konten kognitif, tetapi juga menjadi sarana pengembangan keterampilan problem solving yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan nyata dan dunia kerja di era digital. Namun demikian, hasil berbagai studi menunjukkan bahwa capaian belajar matematika siswa di Indonesia masih tergolong rendah, terutama pada aspek pemahaman konsep bilangan rasional yang abstrak (Agustiningih et al., 2023; Apriliana & Nindita, 2023). Bilangan rasional merupakan salah satu materi esensial dalam kurikulum matematika yang menjadi dasar bagi topik-topik lanjutan seperti aljabar dan persamaan. Kesulitan siswa dalam memahami bilangan rasional sering kali disebabkan oleh karakteristik abstraknya serta penggunaan strategi pembelajaran yang tidak

kontekstual. Menurut hasil studi PISA (OECD, 2022), banyak siswa Indonesia menunjukkan performa rendah dalam numerasi karena lemahnya keterkaitan antara konsep matematika dan penerapannya dalam situasi sehari-hari. Hal ini mengindikasikan perlunya pendekatan yang lebih bermakna dalam pengajaran konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak.

Salah satu penyebab rendahnya pemahaman siswa adalah penggunaan model pembelajaran konvensional yang masih didominasi ceramah, latihan soal mekanis, dan hafalan prosedur. Model ini cenderung menjadikan siswa sebagai penerima pasif informasi tanpa keterlibatan aktif dalam membangun pemahaman. Dalam perspektif teori konstruktivisme oleh Piaget dan Vygotsky, pembelajaran yang bermakna menuntut keterlibatan aktif siswa dalam eksplorasi, dialog, dan pengaitan konsep dengan pengalaman konkret (Slavin, 2020). Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis pengalaman sangat dibutuhkan. Project-Based Learning (PBL) menjadi salah satu model pembelajaran yang dinilai mampu menjawab kebutuhan tersebut. Dalam model PBL, siswa tidak hanya mempelajari materi, tetapi juga menyelesaikan proyek nyata yang relevan dengan kehidupan mereka. PBL mendorong siswa untuk berpikir kritis, bekerja sama, dan melakukan refleksi mendalam terhadap proses belajar (Markham et al., 2022). Studi oleh Dewi dan Prasetyo (2021) menunjukkan bahwa penerapan PBL dalam pembelajaran matematika secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

Penerapan PBL juga menghadapi tantangan, khususnya dalam membantu siswa memahami konsep-konsep matematika yang bersifat abstrak. Oleh karena itu, diperlukan dukungan teknologi pembelajaran yang dapat membantu visualisasi konsep secara konkret. Salah satu media yang banyak digunakan adalah aplikasi GeoGebra. GeoGebra merupakan perangkat lunak interaktif yang memungkinkan siswa memanipulasi representasi visual dari konsep-konsep matematika seperti pecahan, garis bilangan, dan grafik fungsi (Hohenwarter & Jones, 2019). Penelitian oleh Suhendra dan Lestari (2023) menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap operasi bilangan rasional secara signifikan. GeoGebra memungkinkan siswa untuk bereksperimen secara visual dan memperoleh umpan balik langsung dari aktivitas yang dilakukan. Hal ini sejalan dengan prinsip multimedia learning yang dikemukakan oleh Mayer (2021), bahwa kombinasi teks, visual, dan interaktivitas akan memperkuat daya serap dan retensi siswa terhadap materi pembelajaran.

Meskipun baik PBL maupun GeoGebra secara terpisah telah terbukti efektif, namun penelitian yang mengkaji integrasi keduanya secara simultan masih sangat terbatas, khususnya dalam konteks pembelajaran bilangan rasional di jenjang SMP. Kebanyakan studi hanya mengevaluasi efektivitas masing-masing secara terisolasi tanpa melihat potensi sinerginya. Padahal, integrasi PBL dengan GeoGebra berpotensi menciptakan pengalaman belajar yang utuh, di mana siswa dapat menyusun proyek, mengeksplorasi konsep, dan mempresentasikan solusi secara visual dan aplikatif. Kekosongan kajian empiris ini menciptakan ruang untuk penelitian yang menguji secara langsung pengaruh integrasi PBL dan GeoGebra terhadap kemampuan matematika siswa. Dalam konteks ini, penting untuk tidak hanya mengukur capaian akademik berupa nilai tes, tetapi juga memperhatikan aspek proses pembelajaran, partisipasi siswa, serta persepsi guru terhadap efektivitas model yang diterapkan. Dengan demikian, penelitian menjadi lebih komprehensif dalam mengidentifikasi keberhasilan maupun tantangan yang muncul.

Perlu diperhatikan bahwa keberhasilan integrasi teknologi dalam pembelajaran sangat bergantung pada kesiapan digital siswa dan kompetensi guru dalam mengelola perangkat tersebut. Penelitian oleh Nasution dan Sari (2022) menyoroti bahwa siswa dengan literasi digital rendah cenderung mengalami hambatan ketika diminta menggunakan GeoGebra secara mandiri. Oleh sebab itu, pelatihan guru dan adaptasi media secara bertahap menjadi faktor penting dalam keberhasilan penerapan model pembelajaran ini. Literasi teknologi dan kolaborasi juga merupakan bagian dari kompetensi abad ke-21 yang harus dikembangkan dalam proses pembelajaran. Model PBL yang terintegrasi dengan GeoGebra berpotensi mengembangkan keterampilan tersebut melalui aktivitas berbasis proyek, diskusi kelompok, dan penggunaan perangkat digital. Hal ini sesuai dengan kerangka kompetensi global yang direkomendasikan oleh UNESCO (2018), yaitu membekali siswa tidak hanya dengan pengetahuan, tetapi juga dengan keterampilan kolaborasi, komunikasi, dan penggunaan teknologi secara bertanggung jawab.

Dengan mempertimbangkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model pembelajaran berbasis proyek berbantuan GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman

konsep bilangan rasional siswa kelas VII. Selain itu, penelitian ini juga diarahkan untuk menggali tantangan implementasi model tersebut di kelas dan menyusun rekomendasi bagi guru dan pemangku kepentingan pendidikan. Dengan menyatukan dua pendekatan inovatif, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi teoretis dan praktis dalam pengembangan strategi pembelajaran matematika yang kontekstual, adaptif, dan berorientasi pada penguasaan keterampilan abad ke-21. Kontribusi orisinal dari studi ini adalah pengujian integratif antara strategi pedagogis (PBL) dan teknologi pendidikan (GeoGebra) dalam satu kerangka eksperimen yang utuh. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya bermanfaat bagi pengembangan teori pembelajaran matematika, tetapi juga menjadi acuan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan generasi digital saat ini.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen semu (*quasi experiment*) dengan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Desain ini digunakan untuk membandingkan hasil belajar antara kelompok eksperimen yang mendapatkan perlakuan dan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan perlakuan secara langsung (Sugiyono, 2017). Penelitian dilaksanakan pada siswa kelas VII di salah satu sekolah menengah pertama di Lampung Timur. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *cluster random sampling*, di mana dua kelas dipilih secara acak. Kelas VII A sebagai kelompok eksperimen terdiri dari 20 siswa, sedangkan kelas VII B sebagai kelompok kontrol terdiri dari 23 siswa (Arikunto, 2010). Kelompok eksperimen mendapatkan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) yang diintegrasikan dengan aplikasi GeoGebra. Desain perlakuan disusun berdasarkan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) selama empat pertemuan, di mana setiap pertemuan mengikuti sintaks PBL: (1) menentukan pertanyaan mendasar, (2) merancang perencanaan proyek, (3) menyusun jadwal, (4) memantau kemajuan proyek, (5) menguji hasil, dan (6) evaluasi pengalaman belajar. Siswa menggunakan GeoGebra untuk menyelesaikan tugas proyek seperti membuat visualisasi operasi bilangan rasional dan menyajikan solusi dari permasalahan kontekstual. Sementara itu, kelompok kontrol memperoleh pembelajaran dengan metode konvensional melalui ceramah, tanya jawab, dan latihan soal.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes kemampuan matematika dalam bentuk pre-test dan post-test. Validitas isi instrumen telah dikaji melalui telaah ahli untuk memastikan kesesuaian substansi dan keterukuran butir soal terhadap kompetensi yang diharapkan, dan hasil telaah menunjukkan bahwa instrumen tersebut dinyatakan valid untuk digunakan dalam penelitian. Uji reliabilitas instrumen dilakukan dengan menggunakan Alpha Cronbach, dengan nilai batas minimal sebesar 0,70 sebagai indikator reliabilitas yang memadai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai $\alpha = 0,82$, yang mengindikasikan bahwa instrumen memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan konsisten untuk digunakan dalam penelitian ini (Ghozali, 2018). Sebelum dilakukan uji hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis yang mencakup uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Hasil kedua uji menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan memiliki variansi yang homogen, sehingga memenuhi asumsi untuk analisis parametrik. Selanjutnya, uji-t untuk dua sampel independen digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil belajar siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis proyek berbantuan aplikasi GeoGebra memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan matematika siswa kelas VII, khususnya dalam memahami konsep bilangan rasional. Hal ini dibuktikan melalui perbandingan hasil pre-test dan post-test pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Tabel 1. Hasil Pre-Test dan Post-Test Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

| Kelompok | Jumlah Siswa | Nilai Minimum | Nilai Maksimum | Rata-rata Pre-test | Rata-rata Post-test | Standar Deviasi |
|------------|--------------|---------------|----------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Eksperimen | 20 | 72 | 88 | 59,6 | 83,4 | 1,85 |
| Kontrol | 23 | 65 | 74 | 57,1 | 70,2 | 1,78 |

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada hasil belajar matematika siswa setelah diterapkannya model pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan GeoGebra. Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata pre-test siswa di kelas eksperimen adalah 59,6, sedangkan kelas kontrol mencatat rata-rata sebesar 57,1. Setelah diberikan perlakuan selama empat pertemuan pembelajaran, rata-rata post-test kelompok eksperimen meningkat menjadi 83,4. Sementara itu, kelompok kontrol juga mengalami peningkatan, tetapi hanya mencapai rata-rata 70,2. Kenaikan skor yang lebih besar pada kelompok eksperimen mencerminkan efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang didukung oleh eksplorasi visual melalui GeoGebra.

Distribusi data pada masing-masing kelompok juga menunjukkan konsistensi yang baik, dengan standar deviasi yang rendah: 1,85 untuk kelas eksperimen dan 1,78 untuk kelas kontrol. Artinya, hasil belajar siswa dalam masing-masing kelompok relatif homogen, yang memperkuat validitas analisis perbandingan antar kelompok. Dalam uji-t dua sampel independen, sebelum melakukan pengujian hipotesis, perlu dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas dan uji homogenitas. Pada penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro-Wilk karena uji ini cocok digunakan untuk sampel dengan ukuran kecil maupun besar. Shapiro-Wilk mampu mendeteksi penyimpangan dari distribusi normal yang disebabkan oleh kemiringan (skewness), kurtosis, atau keduanya secara bersamaan. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data sampel berdistribusi normal atau tidak, dengan menggunakan kriteria nilai signifikansi $> 0,05$ sebagai indikator data normal. Sebaliknya, jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka data dianggap tidak mengikuti distribusi normal.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

| Hasil | Shapiro Wilk | | | Keterangan |
|----------------------|--------------|----|-----|----------------------|
| | Statistic | df | Sig | |
| Pre-test Eksperimen | .96 | 20 | .27 | Berdistribusi Normal |
| Post-test Eksperimen | .93 | 20 | .14 | Berdistribusi Normal |
| Pre-test Kontrol | .95 | 23 | .22 | Berdistribusi Normal |
| Post-test Kontrol | .93 | 23 | .18 | Berdistribusi Normal |

Berdasarkan hasil uji normalitas Shapiro-Wilk, seluruh data pre-test dan post-test pada kelompok eksperimen dan kontrol menunjukkan nilai signifikansi (Sig) di atas 0,05, masing-masing sebesar 0,27; 0,14; 0,22; dan 0,18. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data pada keempat kelompok tersebut berdistribusi normal dan memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan untuk analisis statistik parametrik selanjutnya.

Tabel 3. Tabel Hasil Uji Homogenitas

| Hasil | Levene Statistic | df ₁ | df ₂ | sig | Keterangan |
|--|------------------|-----------------|-----------------|------|------------|
| Post-tes eksperimen - Post-tes Kontrol | .421 | 1 | 41 | .520 | Homogen |

Hasil uji homogenitas menggunakan Levene's Test menunjukkan bahwa varians data hasil post-tes antara kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah homogen, dengan nilai Levene Statistic sebesar 0,421 dan signifikansi (Sig.) sebesar 0,520. Karena nilai Sig. lebih besar dari 0,05, maka tidak terdapat perbedaan varians yang signifikan antara kedua kelompok. Dengan demikian, asumsi homogenitas terpenuhi, sehingga data layak untuk dianalisis menggunakan uji parametrik seperti uji-t.

Tabel 5. Hasil Uji T Dua Sampel Independen

| | Independent Samples Test | | | | | | |
|--|---|------|-------|----|------------------------------|-----------------|-----------------------|
| | Levene's Test for Equality of Variances | | | | t-test for Equality of Means | | |
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference |
| Model PBL berbantuan Aplikasi Geogebra | .12 | .74 | 23.75 | 40 | .00 | 13.20 | .56 |

Hasil uji t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara hasil post-test kelas eksperimen dan kontrol (Sig. = 0,00 < 0,05), dengan rata-rata selisih sebesar 13,20. Nilai $t = 23,75$ dan Levene's Test (Sig. = 0,74) menunjukkan varians kedua kelompok homogen. Model PBL berbantuan GeoGebra efektif meningkatkan hasil belajar siswa. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kombinasi model *Project-Based Learning* dan pemanfaatan aplikasi GeoGebra tidak hanya mampu meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa, tetapi juga meningkatkan motivasi, partisipasi, dan penguasaan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Model ini berpotensi menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah, khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti bilangan rasional

B. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran berbasis proyek berdampak positif terhadap pemahaman konsep bilangan rasional dan keterampilan pemecahan masalah siswa. Temuan ini tercermin dari observasi kelas, wawancara dengan guru serta peningkatan signifikan nilai post-test kelompok eksperimen dibanding kelompok kontrol. Namun, untuk memahami dampak ini secara lebih mendalam, perlu dilakukan dialog kritis antara data dan teori. Selama proses pembelajaran, observasi menunjukkan bahwa siswa lebih mudah memahami konsep bilangan rasional melalui simulasi GeoGebra. Didukung oleh temuan (Apriliana & Nindita, 2023) yang menunjukkan bahwa simulasi dinamis mempermudah siswa dalam memahami konsep abstrak melalui manipulasi visual. Selain pemahaman konsep, keterampilan pemecahan masalah siswa juga meningkat. Namun, penting untuk dicatat bahwa peningkatan ini tidak semata-mata dapat dikaitkan dengan penggunaan perangkat lunak saja. Kemungkinan adanya *novelty effect*, yakni semangat belajar karena penggunaan alat baru juga perlu diperhitungkan. Antusiasme awal siswa dalam menggunakan GeoGebra bisa menjadi salah satu variabel perancu yang belum dikontrol dalam penelitian ini.



Gambar 1. Model Pembelajaran Berbasis Proyek Berbantuan Aplikasi GeoGebra

Selanjutnya, wawancara dengan guru mengungkap bahwa penggunaan GeoGebra mempermudah penyampaian materi. Guru merasa lebih terbantu dalam menjelaskan konsep secara visual dan interaktif. Hal ini menguatkan pendapat (Arikunto, 2010) tentang pentingnya media inovatif dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran. Akan tetapi, pengalaman dan keterampilan guru dalam menggunakan teknologi juga menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan. Guru yang terbiasa menggunakan GeoGebra tentu lebih mampu mengoptimalkan fungsinya dibanding guru yang baru mengenal perangkat lunak ini. Dengan demikian, pengalaman guru merupakan *confounding variable* potensial yang belum dibahas secara mendalam dalam penelitian ini.

Kemampuan siswa dalam memecahkan soal kompleks meningkat secara signifikan di kelompok eksperimen. Hal ini sejalan dengan temuan (Dewi et al., 2022) bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika mendorong perkembangan berpikir tingkat tinggi.

Selain itu, pendekatan berbasis proyek memungkinkan siswa untuk merancang, menguji, dan merefleksikan solusi mereka secara mandiri, sebagaimana dijelaskan oleh (Siregar et al.,2023). Namun, penting untuk dicatat bahwa keberhasilan tersebut mungkin juga dipengaruhi oleh kualitas bimbingan guru dalam proyek, bukan hanya dari aspek teknologinya. Keterlibatan guru dalam memberi arahan dan umpan balik bisa menjadi variabel yang turut menyumbang pada peningkatan hasil belajar.

Siswa juga melaporkan bahwa mereka merasa lebih percaya diri dan nyaman dengan pembelajaran berbantuan GeoGebra, karena visualisasi yang dinamis membantu mengurangi kecemasan terhadap matematika. Temuan ini mendukung hasil penelitian (Pratama et al.,2021) yang menunjukkan bahwa pendekatan interaktif meningkatkan motivasi dan kepercayaan diri siswa. Namun, temuan ini tidak sepenuhnya sejalan dengan hasil (Nasution, 2022), yang menemukan bahwa penggunaan GeoGebra kurang efektif pada siswa dengan literasi digital rendah. Artinya, keberhasilan penggunaan GeoGebra sangat bergantung pada kesiapan siswa dalam menggunakan perangkat teknologi. Peningkatan daya ingat terhadap konsep juga menjadi salah satu manfaat yang dilaporkan, diduga karena visualisasi dalam GeoGebra yang memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi perubahan parameter secara langsung. Hal ini mendukung pendapat (Susanto dan Widodo, 2022) mengenai pembelajaran berbasis eksplorasi. Namun, durasi pembelajaran yang relatif singkat (beberapa pertemuan) belum cukup untuk menilai apakah peningkatan daya ingat tersebut bersifat jangka panjang atau hanya efek sesaat dari pengalaman belajar yang menyenangkan.

Meskipun hasilnya positif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu dicermati lebih dalam. Pertama, jumlah sampel terbatas dan hanya melibatkan satu sekolah, sehingga generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas harus dilakukan dengan hati-hati. Kedua, tidak adanya kontrol terhadap variabel eksternal seperti akses siswa terhadap perangkat pribadi di luar kelas, dukungan orang tua, dan variasi gaya belajar individu. Ketiga, perbedaan latar belakang digital antara siswa kelompok eksperimen dan kontrol tidak ditelusuri, padahal hal ini bisa sangat mempengaruhi kemampuan mereka dalam mengoperasikan GeoGebra secara optimal. Akhirnya, keberhasilan pendekatan ini tidak hanya dilihat dari peningkatan nilai akademik, tetapi juga dari pengembangan keterampilan sosial seperti komunikasi dan kerja sama. Proyek yang dirancang menuntut siswa untuk berkolaborasi, berdiskusi, dan menyelesaikan masalah bersama. Hal ini mengindikasikan bahwa pembelajaran matematika tidak harus bersifat individualistik, tetapi dapat dijadikan sarana untuk membentuk keterampilan abad ke-21.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi dengan aplikasi GeoGebra secara signifikan efektif dalam meningkatkan kemampuan matematika siswa kelas VII pada materi bilangan rasional. Rata-rata skor post-test siswa di kelompok eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, didukung oleh hasil uji-t yang signifikan ($p < 0,05$). Selain itu, proses pembelajaran yang menggabungkan pendekatan berbasis proyek dan media visual interaktif mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman konseptual siswa secara menyeluruh. Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran tidak hanya memperkuat aspek kognitif, tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kerja sama, dan komunikasi.

B. Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan agar guru matematika mulai mengintegrasikan model pembelajaran berbasis proyek berbantuan GeoGebra secara terencana dan menyeluruh dalam proses pembelajaran, khususnya pada materi-materi yang bersifat abstrak seperti bilangan rasional. Kombinasi antara eksplorasi konsep secara visual melalui GeoGebra dan keterlibatan siswa dalam proyek yang kontekstual terbukti mampu meningkatkan pemahaman, partisipasi, dan kepercayaan diri siswa dalam mempelajari matematika. Untuk itu, penting bagi guru untuk memperoleh pelatihan teknopedagogis yang mendalam agar tidak hanya

mampu mengoperasikan aplikasi, tetapi juga merancang aktivitas pembelajaran yang kolaboratif dan bermakna. Sekolah dan pemangku kepentingan di bidang pendidikan perlu memberikan dukungan struktural berupa penyediaan perangkat, akses internet yang memadai, serta integrasi pendekatan ini ke dalam perencanaan program sekolah. Pendekatan pembelajaran yang menggabungkan teknologi dan proyek sejalan dengan arah kebijakan pendidikan nasional yang menekankan pentingnya pembelajaran diferensiatif, kontekstual, dan berbasis keterampilan abad ke-21. Oleh karena itu, intervensi model seperti ini perlu didorong melalui pengembangan kurikulum operasional satuan pendidikan (KOSP) dan pelatihan guru berbasis kebutuhan lapangan. Upaya pengembangan ilmu dan praktik pendidikan lebih lanjut, diperlukan penelitian lanjutan yang menjangkau konteks pembelajaran yang lebih luas, baik dari sisi jenjang pendidikan, keragaman karakteristik siswa, maupun pengaruh faktor-faktor eksternal seperti literasi digital dan efikasi diri peserta didik. Penelitian lanjutan juga sebaiknya menggunakan desain longitudinal agar dapat mengukur ketahanan pemahaman konsep yang diperoleh siswa setelah mengikuti pembelajaran dengan model ini. Dengan demikian, hasil-hasil penelitian seperti ini dapat memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan kebijakan pendidikan berbasis bukti (evidence-based education) yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi benar-benar aplikatif dan berdampak nyata di ruang kelas.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustiningsih, R., Astuti, E., & Styaningrum, F. (2023). Pengaruh Penggunaan E-Learning Terhadap Hasil Belajar Dengan Minat Belajar Dan Motivasi Sebagai Variabel Intervening. *Jurnal Pipsi*, 8(1), 61-77.
- Agustiningsih, R., Putra, D., & Sari, N. (2023). Pengaruh motivasi belajar terhadap pemahaman konsep matematika siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 85-97. <https://doi.org/10.32536/jpm.v15i2.455>
- Asriningtyas, O. S., Kartinah, K., Agustini, F., & Nurhayati, S. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Siswa SD Kelas IV pada Mata pelajaran Matematika Materi Operasi Hitung Campuran Bilangan Cacah. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(4), 492-497. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i4.638>
- Apriliana, D., & Nindita, R. (2023). Kesalahan konseptual siswa dalam memahami bilangan rasional. *Jurnal Pendidikan Numerasi*, 10(1), 55-67. <https://doi.org/10.23888/jpn.v10i1.782>
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Desniarti, Y., & Ramadhani, S. (2019). Peningkatan pemahaman konsep matematika melalui GeoGebra. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 8(3), 112-124. <https://doi.org/10.32696/jtp.v8i3.245>
- Dewi, U. K., Subekti, E., & Rahayu, R. (2024). Efektivitas Media Papan Pintar terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas II Sekolah Dasar. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(4), 519-525. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i4.652>
- Dewi, F. S., & Prasetyo, H. (2021). Implementasi Project-Based Learning dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 12(4), 178-190. <https://doi.org/10.15294/jpms.v12i4.3204>
- Dewi, F. S., Prasetyo, H., & Wijaya, R. (2022). Implementasi teknologi dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMP. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 11(2), 98-110. <https://doi.org/10.32536/jpt.v11i2.1245>
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

- Hendrawan, A., & Pertiwi, D. (2021). Penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 6(2), 133-145. <https://doi.org/10.23887/jip.v6i2.1032>
- Hohenwarter, M., & Jones, K. (2019). GeoGebra: Enriching Mathematics Teaching and Learning. *International Journal of Mathematics Education*.
- Indriani, C. (2024). Pengaruh Penggunaan Aplikasi Canva dalam Media Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 4(2), 330-339. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v4i2.505>
- Markham, T., Larmer, J., & Ravitz, J. (2022). *Project-Based Learning: A guide to innovation in education*. Routledge.
- Masyhudah, M. S., & Widyasari, C. . (2024). Penerapan Model Pembelajaran Cooperative Learning Tipe STAD untuk Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Siswa Kelas V. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(4), 526-532. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i4.655>
- Nasution, L., & Sari, W. (2022). Pengaruh penggunaan GeoGebra terhadap hasil belajar matematika siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Interaktif*, 5(1), 78-91. <https://doi.org/10.15294/jpi.v5i1.7845>
- Pratama, R. A., Setyawan, H., & Kusumawati, N. (2021). Pengaruh pembelajaran interaktif berbasis teknologi terhadap motivasi belajar matematika siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 9(3), 145-160. <https://doi.org/10.15294/jpms.v9i3.3204>
- Putri, J., & Nuvitalia, D. (2024). Implementasi Pembelajaran Berbasis Kurikulum Merdeka dalam mendukung Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 5(2), 202-209. <https://doi.org/10.54371/ainj.v5i2.460>
- Rahman, T., & Fadilah, N. (2023). Penggunaan perangkat lunak interaktif dalam pembelajaran matematika: Studi kasus di sekolah menengah. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(1), 35-50. <https://doi.org/10.32696/jtp.v14i1.856>
- Rohman, A., Susanto, A., & Lestari, A. (2023). Meningkatkan pemecahan masalah matematika melalui PBL. *Jurnal Kajian Pendidikan*, 14(2), 210-223. <https://doi.org/10.23856/jkp.v14i2.982>
- Siregar, L. F., Rahmawati, D., & Suparno, S. (2023). Pengaruh pendekatan berbasis proyek terhadap keterampilan pemecahan masalah matematika siswa. *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika*, 8(2), 123-135. <https://doi.org/10.32696/jppm.v8i2.978>
- Suryani, I., Permatasari, A. ., & Jayanti, J. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Macromedia Flash pada Mata Pelajaran IPS Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 4(3), 499-508. <https://doi.org/10.54371/jiepp.v4i3.578>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suhendra, R., & Lestari, M. (2023). Analisis efektivitas GeoGebra dalam pembelajaran bilangan rasional. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, 7(3), 98-110. <https://doi.org/10.15294/jtp.v7i3.8415>
- Susanto, M., & Widodo, S. (2022). Efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep matematika. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika*, 7(4), 201-214. <https://doi.org/10.23887/jipm.v7i4.7845>